

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Проверка квалификации лаборатории посредством межлабораторных сличительных испытаний средств измерений объема

УДК 681.2:531.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Власова Мария Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Начальник отдела ОТРМО ФБУ «Томский ЦСМ»	Галицкая Татьяна Викторовна	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Горбенко Михаил Владимирович	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Муравьев Сергей Васильевич	д.т.н., профессор		

**Планируемые результаты обучения по направлению
27.04.01 «Стандартизация и метрология»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения
P2	Выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров, устанавливать оптимальные нормы точности и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов, кроме того, уметь принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа
P3	Выполнять работы в области стандартизации и сертификации: по созданию проектов стандартов, методических и нормативных материалов и технических документов, по нормоконтролю и экспертизе технической документации, участвовать в проведении сертификации продукции, услуг, систем качества и систем экологического управления предприятием, участвовать в аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий
P4	Выполнять работы в области контроля и управления качеством: участвовать в оперативной работе систем качества, анализировать оценку уровня брака и предлагать мероприятия по его предупреждению и устранению, участвовать в практическом освоении систем менеджмента качества
P5	Использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; проводить анализ затрат на обеспечение требуемого качества и деятельности подразделения, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений
Универсальные компетенции	
P6	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2020	Анализ требований к проверке квалификации лабораторий. Сравнительный анализ МСИ веществ и материалов и МСИ в области обеспечения единства измерений (ОЕИ). Обоснование выбора дозатора пипеточного в качестве объекта контроля для проведения МСИ в области ОЕИ	20
20.03.2020	Исследование элементов организации МСИ средств измерений	25
15.04.2020	Реализация процедуры МСИ. Анализ этапов проведения и анализ результатов участников МСИ	30
20.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
25.05.2020	Социальная ответственность	10
30.05.2020	Выполнение раздела на иностранном языке	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Муравьев Сергей Васильевич	д.т.н., профессор		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Муравьев С.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ81	Власовой Марии Сергеевне

Тема работы:

Проверка квалификации лаборатории посредством межлабораторных сличительных испытаний средств измерений объема

Утверждена приказом директора (дата, номер)

от 28.02.2020 № 59-40/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Проверка квалификации лаборатории посредством межлабораторных сличительных испытаний средств измерений объема
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования,</i>	1) Анализ требований к проверке квалификации лабораторий. Сравнительный анализ МСИ веществ и материалов и МСИ в области обеспечения единства измерений (ОЕИ). Обоснование выбора дозатора пипеточного в качестве объекта контроля для проведения МСИ в области ОЕИ

<i>конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>		2) Исследование элементов организации МСИ средств измерений 3) Реализация процедуры МСИ. Анализ этапов проведения и анализ результатов участников МСИ.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		Презентация, выполненная в программной среде MS Power Point
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Основная часть	Галицкая Татьяна Викторовна Заревич Антон Иванович	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич	
Социальная ответственность	Горбенко Михаил Владимирович	
Раздел, выполненный на английском языке	Пичугова Инна Леонидовна	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
Analysis of general laboratory proficiency testing requirements		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	20.02.2020 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	к. т. н		
Начальник ОТРМО ФБУ «Томский ЦСМ»	Галицкая Татьяна Викторовна	к. т. н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Власова Мария Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ81	Власовой Марии Сергеевне

Инженерная школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	—
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Действующие ставки единого социального налога и НДС

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования
2. Разработка устава научно-технического проекта	Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения внутри существующей организации
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	- Построение плана-графика выполнения ВКР; - Составление сметы затрат; - Расчет цены результата ВКР.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ - <u>выполнить</u>
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ - <u>выполнить</u>
8. Потенциальные риски
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		27.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Власова Мария Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ81	Власовой Марии Сергеевны

Инженерная школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

Тема ВКР:

Проверка квалификации лаборатории посредством межлабораторных сличительных испытаний средств измерений объема	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Вопросы, связанные с организацией рабочего места инженера в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны окружающей среды.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– ТК РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) – ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	В качестве вредных факторов выделены: недостаточная освещенность рабочей зоны, недостаток естественного освещения, отклонение показателей микроклимата.
3. Экологическая безопасность:	Рассматриваются воздействия на окружающую среду при работе с выбранным объектом
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Вероятность возникновения техногенных ЧС, особенно пожаров.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Горбенко Михаил Владимирович	к.т.н.		27.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Власова Мария Сергеевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 130 страниц, 9 рисунков, 20 таблиц, 26 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: межлабораторные сличительные испытания, проверка квалификации, методика калибровки, образец для контроля, неопределенность измерений.

Объектом разработки является процедура проведения межлабораторных сличительных испытаний.

Цель работы – реализация процедуры межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений для проверки квалификации измерительных лабораторий на примере средств измерений объема.

В процессе исследования проведен анализ методов организации и проведения МСИ для измерительных лабораторий, алгоритмов обработки результатов измерений для проверки квалификации, вкладов в неопределённость измерений средств измерений объема. Разработана документация для организации и проведения МСИ дозатора пипеточного, в том числе методика калибровки и инструкция для участников. Проведен анализ результатов участников программы МСИ дозатора пипеточного.

В результате проделанной работы процедура МСИ полностью реализована.

Область применения: планируется применять разработанную программу МСИ средств измерений объема среди поверочных, калибровочных и измерительных лабораторий.

Значимость работы: реализуемая программа МСИ помогает определять действительные значения объема.

Выпускная квалификационная работа выполнена при помощи текстового редактора Microsoft Word 7.0 и предоставлена в распечатанном виде.

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

межлабораторные сличения: Организация, выполнение и оценивание измерений или испытаний одного и того же или нескольких подобных образцов двумя или более лабораториями в соответствии с заранее установленными условиями.

проверка квалификации: Оценивание характеристики функционирования участника по заранее установленным критериям посредством межлабораторных сличений.

координатор: Одно или несколько лиц, осуществляющих организацию и управление всеми видами деятельности, связанными с реализацией программы проверки квалификации.

провайдер проверки квалификации: Организация, которая несет ответственность за все задачи по разработке и выполнению программы проверки квалификации.

орган по аккредитации: Полномочный орган, проводящий аккредитацию.

аккредитация: Подтверждение соответствия третьей стороной, относящееся к органу по оценке соответствия, служащее официальным свидетельством его компетентности для выполнения конкретных задач по оценке соответствия.

образец для проверки квалификации: средство измерений, государственный стандартный образец, эталон, мера и т.п., используемый при проверке квалификации участников межлабораторных сличительных испытаний.

программа проверки квалификации: Проверка квалификации, разработанная и реализованная за один или несколько туров в определенной области испытаний, измерений, калибровки или контроля.

приписанное значение: Значение, приписываемое конкретному свойству образца для проверки квалификации.

участник: Лаборатория, организация или физическое лицо, которые получают образцы для проверки квалификации и представляют результаты на рассмотрение провайдеру проверки квалификации.

Сокращения и обозначения

Данный подраздел содержит перечень условных обозначений, символов, сокращений, применяемых в выпускной работе:

МСИ – межлабораторные сличительные (сравнительные) испытания;

ИЛ – измерительная лаборатория;

ОЕИ – обеспечение единства измерений;

ОК – образец для проверки квалификации;

СИ – средство измерения;

НД – нормативный документ.

Оглавление

Введение	16
1. Анализ требований к проверке квалификации лабораторий	18
1.1 Межлабораторные сличительные испытания как способ контроля качества метрологических работ	18
1.2 Требования к проведению проверки квалификации испытательных и измерительных лабораторий	22
1.3 Организация и проведение межлабораторных сличительных испытаний	26
1.4 Сравнительный анализ МСИ веществ и материалов и МСИ в области обеспечения единства измерений	28
1.5 Обоснование выбора дозатора пипеточного в качестве ОК для проведения МСИ в области ОЕИ	33
1.6 Выводы и постановка задачи исследования	35
2 Исследование элементов организации межлабораторных сличительных испытаний средств измерений	37
2.1 Основные требования к элементам организации МСИ	37
2.2 Описание ОК для МСИ	41
2.3 Разработка методики калибровки образца для контроля	42
2.4 Анализ бюджета неопределённости измерений	45
2.5 Оценка приписанных значений ОК и проверка их стабильности	53
2.6 Выводы и постановка исследования	56
3 Реализация МСИ	57
3.1 Анализ этапов проведения МСИ	57
3.2 Анализ результатов участников	59
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	65
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	65
4.2 Организация и планирование ОКР (НИР) работ	66
4.2.1 Определение продолжительности этапов работ	68
4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	68
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	71

4.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	73
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	74
4.3.2 Расчет заработной платы исполнителей научно-технического исследования	75
4.3.3 Расчет затрат на социальный налог	76
4.3.4 Расчет затрат на электроэнергию	76
4.3.5 Расчет амортизационных расходов	78
4.3.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)	79
4.3.7 Расчет прочих расходов	79
4.3.8 Расчет общей себестоимости разработки.....	79
4.3.9 Расчет прибыли.....	80
4.3.10 Расчет НДС	80
4.3.11 Цена разработки ОКР (НИР).....	80
4.4 Оценка экономической эффективности проекта	80
5 Социальная ответственность	82
5.1 Правовые и организационные работы обеспечения безопасности.....	83
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	83
5.1.2 Особенности законодательного регулирования проектных решений ..	83
5.1.3 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	84
5.2 Производственная безопасность	87
5.2.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении	87
5.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	90
5.2.3 Требования к уровню шума	94
5.2.4 Электробезопасность.....	95
5.3 Экологическая безопасность	96
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	97
5.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»	98
Заключение	100
Приложение А (справочное) Раздел, выполненный на иностранном языке ..	105

Приложение Б (справочное) Инструкция для участника МСИ.....	117
Приложение В (справочное) Методика калибровки	121

Введение

В настоящее время активно формируется инфраструктура межлабораторных сличительных испытаний (МСИ). Спрос обусловлен как требованиями законодательства и нормативных документов, так и потребностью лабораторий получить объективную оценку качества получаемых результатов испытаний (измерений), использовать МСИ как инструмент повышения доверия потребителей к результатам испытаний [1].

В частности, требование участия калибровочных лабораторий в МСИ установлено в ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» [2] и политикой. Преимущества участия в программах МСИ пропагандирует Росаккредитация путем принятия «Политики по участию в деятельности по проверке квалификации путем проведения МСИ» и «Политики в отношении проверки квалификации калибровочных лабораторий путем проведения МСИ». Согласно этим документам, участие лабораторий в программах проверки квалификации посредством проведения МСИ, является важным инструментом для подтверждения компетентности и средство повышения качества результатов испытаний (измерений, исследований).

Результаты участия в МСИ лаборатория использует при проведении процедуры анализа запросов, заявок на подряд и контрактов, при проведении анализа со стороны руководства, при оценке пригодности методик, для обеспечения качества результатов испытаний и калибровки [3].

Методы проверки на компетентность зависят от вида используемого объекта, особенностей испытания и количества лабораторий, участвующих в проверке. Основным требованием к методам проверки является обеспечение возможности сопоставления результатов, полученных разными лабораториями участниками процедуры.

Цель работы заключается в реализации процедуры межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений для

проверки квалификации измерительных лабораторий на примере средств измерений объема.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо было решить следующие задачи:

- провести комплексный анализ нормативной документации в области организации и проведения МСИ в области ОЕИ для выявления современных тенденций и перспектив развития по проверке квалификации измерительных лабораторий;
- реализовать программу МСИ дозатора пипеточного для измерительных лабораторий;
- провести исследования образца дозатора пипеточного с целью оценки приписанных значений, их стабильности и вкладов в неопределенность результатов измерений действительного значения объема;
- разработать методику калибровки дозаторов пипеточных;
- обработать и провести анализ результатов участников МСИ.

В первой главе раскрыты задачи межлабораторных сличительных испытаний, проведен анализ нормативной документации, устанавливающие требования к межлабораторным сличениям в области обеспечения единства измерений. Приведены основные отличия требований к проведению МСИ для испытательных лабораторий (на основе образцов веществ и материалов) и измерительных лабораторий (на основе средств измерений).

Во второй главе представлены исследования образца дозатора пипеточного для организации и проведения МСИ, приведены результаты оценивания приписанных значений образца для контроля, их стабильности. Проведен анализ вкладов в неопределенность измерений действительного значения объема дозатора пипеточного при проведении его калибровки.

Третья глава посвящена результатам обработки результатов участников МСИ и анализу данных результатов.

Четвертая и пятая главы посвящены финансовому менеджменту, ресурсоэффективности, ресурсосбережению и социальной ответственности.

1. Анализ требований к проверке квалификации лабораторий

1.1 Межлабораторные сличительные испытания как способ контроля качества метрологических работ

Как отмечает Международная организация законодательной метрологии «метрология – основа качества производимых товаров и процессов». Ключевая роль в развитие научного и технического прогресса, проектирование и в эффективном производстве продукции, в соответствии с нуждами потребителей, а также в нахождение и предотвращение несоответствий принадлежит метрологии. Она фундаментальным образом поддерживает здравоохранение, является условием обеспечения безопасности и охраны окружающей среды, производства пищевых продуктов. В условиях глобального рынка метрология также создает основу для честной внутренней и международной торговли.

Значение результатов измерений постоянно возрастет из-за быстрого развития технологий и возникновения информационного общества. Потребителям и промышленности приходится ежедневно принимать решения, основанные на результатах измерений и влияющие на их экономику.

Необходимость взаимного признания результатов измерений в рамках международной системы оценки соответствия привела к подписанию 28 октября 2007 г. Меморандума о взаимопонимании между Международной кооперации по аккредитации лабораторий (ИЛАК), Международный форум по аккредитации (ИАФ) и Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ). Достигнутые договоренности представляют собой единую и основополагающую базу для прозрачной и надежной инфраструктуры измерений и испытаний в достижении соответствия объекта оценки соответствия (продукции, товаров) предписанным спецификациям.

Одним из критериев компетентности лабораторий и подтверждения достоверности, выдаваемых лабораториями результатов измерений, является участие лабораторий в программах проверки квалификации посредством межлабораторных сличительных испытаний.

Под проверкой квалификации лабораторий понимают оценку деятельности лабораторий по предварительно установленным критериям путем межлабораторных сличительных испытаний.

Межлабораторными сличительными испытаниями называют организацию, выполнение и оценку измерений или испытаний одних и тех же или аналогичных образцов в двух или более лабораториях в соответствии с заданными условиями.

Из определения становится понятно, что межлабораторные сличения и проверка квалификации – не одно и то же. Межлабораторные сличения – это лишь средство, с помощью которого можно реализовать проверку квалификации.

В программах проверки квалификации ежегодно участвуют лабораторий различного профиля: ЦСМ, санитарно-эпидемиологического надзора, ветеринарных, пищевой промышленности, хлебных инспекций, государственных центров агрохимической службы, Госсельхознадзора, таможенных, нефтеперерабатывающих заводов, газо- и нефтедобывающих компаний, транспортирующих газ и нефть компаний, государственных университетов и научно-исследовательских институтов, санитарно-промышленных, охраны труда, металлургических предприятий, клинко-диагностических, независимых и др.

Участие в МСИ, с практической точки зрения, является универсальным способом продемонстрировать техническую компетентность лаборатории. Проверка же квалификации посредством МСИ позволяет дать объективную оценку достоверности проводимых лабораторией испытаний (измерений), то есть результатов ее деятельности. Уверенность в том, что

измерительная лаборатория получает надежные результаты, имеет подавляющее значение для тех, кто пользуется услугами лаборатории.

МСИ используются с целью:

- определения рабочих характеристик отдельных лабораторий применительно к конкретным испытаниям или измерениям и для контроля над текущей работой лабораторий;
- идентификации проблем, имеющих место в лабораториях, и для принятия корректирующих мер, которые могут касаться, работы отдельной группы специалистов или тарировки контрольно-измерительной аппаратуры;
- обеспечения клиентам лаборатории дополнительной уверенности в ее компетентности;
- установления значений для эталонных материалов и оценки их пригодности для использования в методиках конкретных испытаний или измерений;
- оценивания характеристики погрешностей средств измерений в тех случаях, когда не созданы эталоны, обеспечивающие их поверку с требуемой точностью.

Всю процедуру реализации проверки квалификации можно условно разделить на два этапа:

- 1) непосредственно проведение межлабораторных сличений, когда образцы испытываемого материала или исследуемого объекта (образцы для проверки квалификации) распределяются между участниками, выполняются необходимые испытания/измерения и заполняются протоколы испытаний/измерений;
- 2) преобразование результатов измерений участников в статистики функционирования и оценивание на их основании характеристик функционирования участников.

Характеристика функционирования представляет собой некий комплексный параметр, который характеризует способность лаборатории выполнять то или иное измерение/испытание и получать «качественные»

результаты измерений. Результат измерений, который получает лаборатория при выполнении определенной процедуры (методики измерений) и представляет в протоколах, может рассматриваться как продукция, «выпускаемая» лабораторией, и эта продукция, как и любая другая, должна быть качественной. Можно говорить о приемлемом качестве результата измерения, если он отвечает предъявляемым к нему требованиям по точности. Однако качество результата измерения будет зависеть не только от используемого измерительного оборудования и умелого персонала, а также от наличия и успешного функционирования системы менеджмента лаборатории. Поэтому оценивая качество результата измерений, представленного лабораторией в рамках тура проверки квалификации, мы можем дать некоторую комплексную характеристику функционирования лаборатории, охватывающую все аспекты ее работы.

Характеристика функционирования может быть удовлетворительной, сомнительной и неудовлетворительной. Однако следует обратить внимание на то, что она является точечной, то есть распространяется только на конкретный (проверяемый в рамках тура проверки квалификации) вид испытаний/измерений и ограничена временными рамками тура проверки квалификации. Получение лабораторией удовлетворительной характеристики функционирования в отдельном туре проверки квалификации не означает, что эта оценка может применяться для подтверждения того, что лаборатория получает достоверные данные при любых других обстоятельствах (при выполнении других видов испытаний/измерений и в другой момент времени).

Основным техническим средством для проведения проверок квалификации являются образцы для контроля (ОК), представляющие собой разновидность референтных материалов.

Выбор ОК, качество его подготовки и правильность установления приписанных характеристик оказывают огромное влияние на получаемые при проведении МСИ результаты. Работы по выбору или разработке ОК,

предназначенных для МСИ, являются одной из важнейших функций каждого провайдера.

Ответственность за качество ОК, используемых при проведении МСИ, несет координатор проведения МСИ.

Проведение и организация МСИ между лабораториями требует определенных знаний нормативной документации, т.к. проводится по определенному алгоритму и имеет различные сопутствующие процедуры.

1.2 Требования к проведению проверки квалификации испытательных и измерительных лабораторий

Развитие МСИ в зарубежных странах привело к созданию и распространению соответствующей нормативной базы. Согласно действующим стандартам, лаборатория должна располагать процедурами управления качеством и контролировать достоверность проведенных испытаний и калибровки, в том числе путем участия в МСИ. Такое требование о проведении МСИ как одного из основных способов контроля качества результатов испытаний и калибровки содержится в ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 [1], устанавливающим регламенты компетентности испытательных и измерительных лабораторий. В соответствии с ними к основным факторам, влияющим на правильность и достоверность результатов измерений, относятся:

- человеческий фактор;
- помещения и условия окружающей среды;
- методики измерений, испытаний и калибровки, и оценка пригодности методик;
- оборудование;
- прослеживаемость измерений;
- отбор образцов;
- обращение с объектами измерений, испытаний и калибровки.

Влияние данных факторов на результаты измерений можно оценить с помощью межлабораторных сличительных испытаний.

Требования к проведению МСИ содержатся в критериях аккредитации в Национальной системе аккредитации, которые разработаны в соответствии с действующим законодательством РФ, и в Политике Росаккредитации по проверке квалификации калибровочных лабораторий путем МСИ. Казалось бы, это должно стать основным мотивом для развития МСИ в нашей стране и дополнительным преимуществом лаборатории при прохождении процедуры аккредитации. Но в действительности роль МСИ в прикладных задачах метрологии гораздо шире, чем подтверждение компетентности при аккредитации. Необходимо рассматривать МСИ как доступный и объективный способ контроля результатов широкого спектра метрологических работ, позволяющего выявить не учитываемые ранее факторы влияния.

Опыт организации и проведения проверки квалификации лабораторий на основе МСИ отражен в международном стандарте ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 [4]. Этот документ содержит общие требования, как к порядку проведения работ, так и к провайдеру (организатору) МСИ, варианты программ проверки квалификации и методы статистического анализа результатов сличений. Основные правила статистического анализа при МСИ, выбор приписанных значений контрольных образцов, критерии для интерпретации результатов измерений участников регламентированы в ГОСТ Р ИСО 13528-2010, который с 2019 года заменен ГОСТ Р 50779.60-2017 (ИСО 13528:2015) «Статистические методы. Применение при проверке квалификации посредством межлабораторных испытаний» [5]. Аккредитованные лаборатории обязаны регулярно подтверждать техническую компетентность, принимая участие в межлабораторных сличительных испытаниях. В соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 [2] лабораториям при планировании процедур контроля качества необходимо предусмотреть участие в программах проверок квалификации, а руководитель

лаборатории должен учитывать полученные результаты при анализе системы менеджмента и основной деятельности.

Проверку квалификации, как правило, осуществляют провайдеры — организации, которые берут на себя ответственность за разработку и реализацию соответствующей программы.

Результирующие данные должны регистрироваться таким образом, чтобы можно было обнаружить тенденции их изменения, и, где осуществимо, должны применяться статистические методы для анализа результатов. Должен быть составлен план этого текущего контроля (мониторинга), проводится его анализ, и в него можно включить следующие мероприятия, но не ограничиваться только ими:

- регулярное применение стандартных образцов и (или) внутреннего контроля качества с помощью вторичных образцовых веществ;
- участие в межлабораторных сличениях или проверках квалификации;
- повторные испытания или калибровки с применением одного и того же или разных методов;
- повторное испытание или повторная калибровка хранимых образцов;
- корреляция результатов для различных характеристик образца.

Приняв Политику в отношении проверки квалификации, путем проведения МСИ, Росаккредитация пропагандирует участие лабораторий в программах проверки квалификации, реализуемых посредством проведения межлабораторных сличений. Данная политика распространяется на калибровочные лаборатории при проверке их квалификации.

Согласно данной политике, участие в программах МСИ калибровочной лаборатории, аккредитованной в национальной системе аккредитации, является обязательным, где такая деятельность доступна и применима. Калибровочная лаборатория должна не реже 1 раза в год принимать участие в программах МСИ. Аккредитованная калибровочная

лаборатория в течении 5-ти лет с момента принятия решения об аккредитации должна принять участие в МСИ по всем измерениям, типам (группам) средств измерений, включенным в область аккредитации.

Калибровочная лаборатория, претендующая на аккредитацию, должна предоставить результаты участия в программах МСИ, если в заявленной области аккредитации такие программы доступны и применимы. При отсутствии программ МСИ для конкретных видов измерений калибровочная лаборатория может принимать участие в программах, распространяющихся на близкие по свойствам виды измерений, или в программах, в которых участниками используется аналогичные средства измерений.

Политика и процедуры участия калибровочной лаборатории в МСИ могут включать: периодичность, критерии оценки результатов, обоснование охвата области аккредитации, формы ведения записей по результатам участия в МСИ, действия при получении неудовлетворительных результатов и пр. Результаты участия в МСИ регистрируются и анализируются калибровочной лабораторией с целью выявления долговременных трендов.

При получении неудовлетворительных результатов калибровочная лаборатория устанавливает причину неуспешного участия в МСИ и разрабатывает адекватные корректирующие действия. Результативность корректирующих действий подтверждается повторным участием калибровочной лаборатории в МСИ в возможно короткие сроки.

Политика Росаккредитации так же устанавливает основные требования к использованию результатов проверки квалификации органом по аккредитации. Орган по аккредитации принимает во внимание, что успешное участие калибровочной лаборатории в определенной программе МСИ может представлять доказательство компетентности для конкретной задачи, но может не отражать стабильную компетентность. Аналогичным образом неуспешное участие в определенной программе может отражать случайное отклонение от стандартного уровня компетентности.

При аккредитации и подтверждении компетентности проверяются документы, предоставленные калибровочной лабораторией, об участии в программах МСИ и оценивается соответствие выбранных программ заявленной или действующей области аккредитации, проверяется выполнение плана участия в МСИ по срокам и охвату области аккредитации. В последнем случае орган по аккредитации учитывает: применяемые методы испытаний, номенклатуру и свойства объектов испытаний, частоту использования конкретных методик испытаний и др.

При оценке результатов участия лаборатории в МСИ орган по аккредитации ориентируется на критерии, установленные провайдером МСИ, или использует нормируемые, приписанные или оцененные лабораторией показатели точности. При необходимости орган по аккредитации может обратиться к провайдеру МСИ за разъяснениями по результатам участия лаборатории в МСИ.

При выявлении неудовлетворительных результатов участия в МСИ по аккредитации в каждом конкретном случае оценивается адекватность выполненных лабораторией корректирующих действий и эффективность системы внутрилабораторного контроля. В случае возникновения сомнений в компетентности лаборатории во время выездной проверки может быть проведена дополнительная экспериментальная проверка качества испытаний (измерений, исследований).

Орган по аккредитации пропагандирует преимущества участия в программах МСИ как инструмент для обеспечения качества и метрологической прослеживаемости результатов измерений и улучшения деятельности калибровочной лаборатории.

1.3 Организация и проведение межлабораторных сличительных испытаний

В настоящее время основополагающим документом в области проверки квалификации является международный стандарт ISO/IEC 17043

[4]. В соответствии с этим стандартом деятельность по реализации проверок квалификации должны осуществлять провайдеры. Основные функции организатора МСИ при реализации программы проверки квалификации проведены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Основные функции организатора МСИ при реализации проверки квалификации.

Проверка квалификации планируется и разрабатывается провайдером через программы проверки квалификации, которые затем реализуются за один или несколько туров в определенной области испытаний, измерений или контроля. Тур проверки квалификации представляет собой завершенную последовательность действий по распределению ОК, оценки результатов и предоставлению отчета о результатах проверки квалификации участникам.

Программы проверки квалификации различаются в зависимости от области, в которой они используются, природы образцов для проверки квалификации, применяемых методов и количества участников. Многие

программы проверки квалификации разрабатываются специально для проверки понимания полной цепочки выполняемых в лаборатории действий, а не только процессов, непосредственно касающихся выполнения испытаний/измерений.

Программа проведения МСИ дает лабораториям – потенциальным участникам МСИ возможность выбрать из числа программ МСИ те, которые соответствуют области аккредитации лаборатории и наиболее ее интересуют. В соответствии с ГОСТ Р 8.690 [6] рекомендуется перед принятием решения лаборатории об участии в МСИ убедиться в компетентности провайдера МСИ.

1.4 Сравнительный анализ МСИ веществ и материалов и МСИ в области обеспечения единства измерений

Идеология проведения МСИ изначально существенно различалась. Сравнительный анализ особенностей проведения МСИ для испытательных лабораторий (на основе образцов веществ и материалов) и измерительных лабораторий (на основе средств измерений) приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ особенностей проведения МСИ

Требования	МСИ веществ и материалов	МСИ в области ОЕИ
до 2014 года		
НД по организации и проведению МСИ	ГОСТ Р 8.690-2009 [6] ГОСТ Р 8.692-2009 [10] ГОСТ Р ИСО 13528-2010 [5] РМГ 103-2010 [11] Р 50.4.006-2002 [12]	МИ 1832-88 [14] Р 50.2.050-2005 [13]
Цели МСИ	1 Подтверждение компетентности	1 Контроль средств поверки в процессе

Таблица 1 – Сравнительный анализ особенностей проведения МСИ

Требования	МСИ веществ и материалов	МСИ в области ОЕИ
	лабораторий; 2 оценка качества работы лабораторий и сравнение с результатами других лабораторий; 3 оценка измерительных возможностей	эксплуатации; 2 проверка качества поверочных и калибровочных работ; 3 проверка погрешностей результатов измерений, выполняемых при поверке (калибровке), на соответствие указанных в поверочной схеме
Образцы для МСИ	1 Государственные стандартные образцы (ГСО); 2 специальные образцы, изготовленные для целей МСИ	Средства поверки (калибровки): меры, эталоны, средства измерений
Критерии проверки	z-индекс, Еп-критерий, z'-индекс, ζ-критерий, E _z -показатель	$ \bar{x}_i - x_o + t \cdot \sqrt{\frac{S_i^2}{n}} \leq \Delta_o$ $S^2 < \sigma_{\text{пр}}^2 \text{ и } \Delta_c < \Delta_{\text{с(пр)}}$ <p>где \bar{x}_i – результат измерений участника, x_o – действительное значение меры, S – СКО сличаемого СИ, $\sigma_{\text{пр}}$ – нормированное значение СКО</p>

Таблица 1 – Сравнительный анализ особенностей проведения МСИ

Требования	МСИ веществ и материалов	МСИ в области ОЕИ
		случайной погрешности, n – число измерений, Δ_c – систематическая погрешность сличаемого СИ в результате МСИ, $\Delta_{c(пр)}$ – нормированное значение систематической погрешности сличаемого СИ
Выводы по проверке	1 Удовлетворительный; 2 неудовлетворительный; 3 сомнительный	1 Погрешности результатов измерений участников, выполняемых при калибровке (поверке) соответствуют / не соответствуют поверочной схеме; 2 средства поверки соответствуют своему метрологическому статусу или считают непригодным
после 2014 года		
НД по организации и проведению МСИ	ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 [4] ГОСТ Р ИСО 13528 [5] ГОСТ Р 50779.60-2017	
Цели МСИ	1 Определение оценок характеристик функционирования лабораторий; 2 выявление проблем в лабораториях;	

Таблица 1 – Сравнительный анализ особенностей проведения МСИ

Требования	МСИ веществ и материалов	МСИ в области ОЕИ
	3 установление результативности и сопоставление методов испытаний или измерений; 4 обеспечение дополнительного доверия заказчиков лаборатории; 5 подтверждение заявленной неопределенности; 6 обучение участвующих лабораторий.	
Образцы для МСИ	1 Государственные стандартные образцы (ГСО); 2 специальные образцы, изготовленные для целей МСИ	Средства измерений, меры
Экспериментальные исследования ОК	1 Оценка приписанных характеристик ОК; 2 Проверка однородности ОК; 3 Проверка стабильности ОК	1 Оценка приписанных характеристик ОК; 2 Проверка стабильности ОК
Критерии проверки	z-индекс, Еп-критерий, z'-индекс, ζ-критерий	Еп-критерий, z-индекс
Выводы по проверке	1 Удовлетворительный; 2 неудовлетворительный; 3 сомнительный	

Как видно из таблицы 1 с введением ГОСТ ISO/IEC 17043 [4], ГОСТ Р ИСО 13528 [5] и вступлением в силу Федерального закона 28 декабря 2013 г. № 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации»

подходы к организации и проведению МСИ были унифицированы и призваны решать главную задачу – определение способности отдельных лабораторий достоверно проводить конкретные испытания или измерения.

Если для испытательных лабораторий цели МСИ, алгоритмы обработки результатов участников не изменились, то для МСИ в области ОЕИ цели проведения изменены кардинально, и преимущественно сводились к контролю средств поверки (калибровки) в процессе эксплуатации и проверке погрешностей, получаемых при поверке (калибровке) на соответствие указанным в поверочной схеме.

Особенностью организации МСИ в области ОЕИ является то, что в одной программе МСИ можно использовать один экземпляр ОК, приписанные характеристики которого будут сравниваться с результатами всех участников. При выборе ОК для проведения МСИ в области ОЕИ, следует ориентироваться на следующие аспекты:

- ОК должен относиться к видам измерений, популярным среди поверочных (калибровочных) лабораторий, с целью привлечения наибольшего числа участников к программе;
- ОК должен быть не громоздким и надежным при транспортировке и хранении в условиях, отличных от нормальных;
- приписанные характеристики ОК должны быть неизменны на протяжении всей программы МСИ.

В качестве ОК для проведения МСИ в области ОЕИ могут использоваться СИ, меры, эталоны или шаблоны, приписанные характеристики которых устанавливаются на основе их метрологических характеристик [4].

При проведении МСИ веществ и материалов необходимо проверить однородность образцов, показывающее их свойство одинакового состава вещества в матрице всего образца. Для СИ, используемых для организации МСИ в области обеспечения единства измерений, данная проверка не применима.

Образцы для проведения МСИ должны быть стабильны в течение всего времени проведения МСИ. Если для МСИ веществ и материалов стабильность образцов определяется свойством ОК сохранять свой состав и однородность в течение всего тура МСИ, то для МСИ в области ОЕИ данное понятие стабильности ОК также не приемлемо. Для ОК в МСИ в области ОЕИ стабильность определяется свойством СИ сохранения его приписанных характеристик на протяжении всей программы МСИ.

Таким образом, несмотря на общие цели и критерии проверки квалификации участников при проведении МСИ веществ и материалов и в области ОЕИ одинаковы, процедуры подготовки ОК отличаются кардинально.

1.5 Обоснование выбора дозатора пипеточного в качестве ОК для проведения МСИ в области ОЕИ

Одной из часто встречающихся на производстве задач является точное дозирование различных технических жидкостей. Не секрет, что до сих пор, на многих производствах для решения подобных задач используется ручной труд, а основным инструментом является медицинский шприц. В результате снижается не только производительность, но и качество выпускаемой продукции.

Дозирование жидкостей с высокой точностью является обязательным требованием при проведении различных измерений. Точность отмеривания определенного объема напрямую влияет на результат анализа. Зачастую, ошибки в лабораторном анализе связаны именно с неправильным дозированием жидкости в процессе измерения. Нередки случаи, когда лаборатория оснащена самым современным аналитическим оборудованием и профессионалами, но дозирование проводится с ошибками, что снижает точность и воспроизводимость измерений.

При умелой работе, добиться точных результатов можно и используя мерные стеклянные пипетки, но это сопряжено с рядом неудобств и требует

определенного опыта и навыков. Поэтому лаборатории стали чаще использовать дозаторы механического действия. С их помощью можно точно рассчитать количество вещества, жидкости для исследований и получения точных результатов.

Принцип работы дозаторов пипеточных основан на создании в съемном наконечнике вакуума и избыточного давления. При создании вакуума происходит втягивание жидкости в наконечник, а при избыточном давлении – ее сброс [7].

Механические дозаторы переменного и фиксированного объема имеют схожий принцип действия, главной отличительной особенностью является то, что в первом случае можно выбирать необходимый для данного анализа объем в заданных параметрах прибора (например, от 100 до 1000 мкл), а в последнем только тот объем, который предусмотрен именно этой моделью (к примеру дозатор, который используется в данной работе, с фиксированным объемом 20 мкл). Выбор объема дозирования происходит с помощью вращения специального регулировочного колесика (барабана) на корпусе прибора, при этом на дисплее отображается значение выбранного объема. Производители обычно располагают регулировочный барабан под основной рабочей кнопкой прибора.

Основными ошибками при измерении объема дозатором являются:

- неправильный выбор наконечника для измерений;
- глубина погружения наконечника;
- угол погружения дозатора в жидкость;
- нестабильный темп дозирования;
- не единообразное дозирование образца.

Любая из вышеприведённых ошибок может привести к неточности результата измерения. Поэтому важно предотвратить возможность появления данных ошибок во время испытания. Для этого перед испытанием требуется изучить эксплуатационную документацию на используемое средство измерений и порядок проведения измерений.

Основными преимуществами выбора дозатора пипеточного фиксированного объема для использования в программе МСИ в области ОЕИ является:

- широкие области использования в самых разных областях промышленности, и, следовательно, большое число измерительных лабораторий (потенциальных участников), выполняющих поверку (калибровку) дозаторов пипеточных;
- отсутствие программ проверки средств измерений объема с использованием дозаторов пипеточных у аккредитованных провайдеров;
- малые габариты для обеспечения пересылки от участника к участнику, надежность при транспортировке и хранении;
- низкая вероятность изменения действительного значения объема дозатора, принятого за приписанную характеристику ОК.

1.6 Выводы и постановка задачи исследования

Изучив литературу по теме диссертации, можно сделать вывод, что проверка квалификации лабораторий является единственным средством, с помощью которого участники могут получить внешнюю и независимую оценку качества своих результатов измерений. Одним из критериев компетентности лабораторий и подтверждения достоверности, выдаваемых лабораториями результатов измерений, является участие лабораторий в программах проверки квалификации посредством межлабораторных сличительных испытаний. Документ, который регламентирует общие требования, как к порядку проведения работ, так и к провайдеру (организатору) МСИ, варианты программ проверки квалификации и методы статистического анализа результатов сличений является ГОСТ 17043 [1]. Проверка квалификации посредством МСИ позволяет дать объективную оценку достоверности проводимых лабораторией испытаний, то есть результатов ее деятельности. МСИ в области обеспечения единства измерений занимают лидирующие позиции на

современном рынке т.к. спрос на качество измерений всегда будет актуальным.

Так как данное средство измерения объема, такое как дозатор пипеточный, используется во многих сферах жизнедеятельности человека и не входит в область аккредитации провайдера, данный проект является пилотным и представляет интерес для исследования.

Анализируя все из вышенаписанного, можно сформулировать основную задачу исследования: организация и проведение МСИ в области ОЕИ дозатора пипеточного для мониторинга процедур поверки и калибровки средств измерений объема на базе ФБУ «Томский ЦСМ». Так как измерением объема интересуются не только обычные пользователи дозаторов пипеточных, а в основном лаборатории, то подобный опыт участия в МСИ дает возможность расширить область аккредитации провайдера, провести анализ деятельности участников и продемонстрировать качество работы измерительных лабораторий.

2 Исследование элементов организации межлабораторных сличительных испытаний средств измерений

2.1 Основные требования к элементам организации МСИ

Разработка и реализация программ проверки квалификации должны проводиться провайдерами проверки квалификации, которые компетентны в проведении межлабораторных сличений и имеют возможность получения экспертной оценки при использовании определенных типов образцов для проверки квалификации. Этапы подготовки к проведению МСИ представлены на рисунке 2.

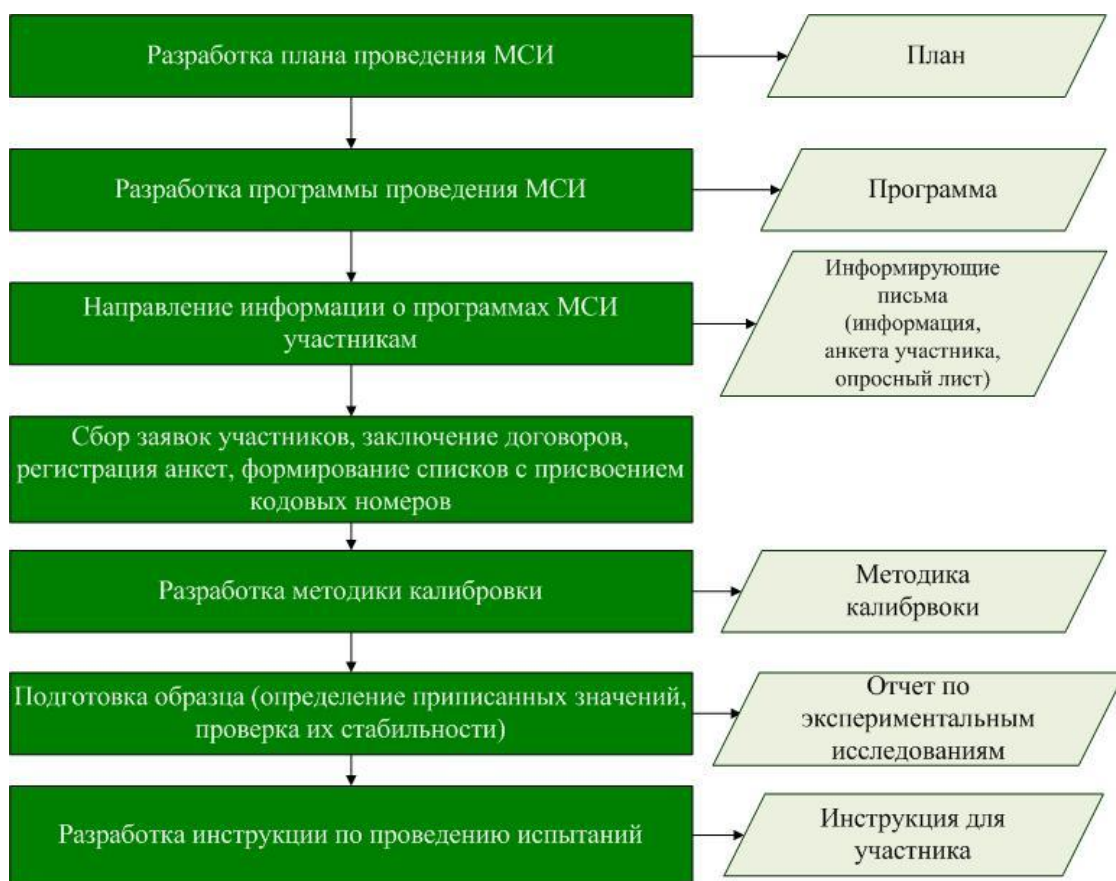


Рисунок 2 – Процесс подготовки к проведению МСИ

Проведение МСИ рекомендуется выполнять в соответствии с планом проведения, который формируется на определенный период времени.

Содержание проекта плана может включать в себя:

- объект МСИ (ОК);
- шифр программы;

- измеряемые величины;
- сроки проведения МСИ;
- стоимость участия;
- координатора каждой программы.

План утверждается руководством ФБУ «Томский ЦСМ». Провайдер в соответствии с утвержденным планом разрабатывает программу проведения МСИ.

Проанализировав требования ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 [4], была разработана программа проведения МСИ, которая включает в себя следующую информацию:

- наименование и адрес провайдера проверки квалификации;
- имя, фамилия, адрес и место работы координатора и другого персонала, привлекаемого к разработке и выполнению программы проверки квалификации;
- наименование образца для проверки квалификации;
- работы, выполняемые по договору субподряда, с указанием наименований и адресов субподрядчиков, привлекаемых к реализации программы проверки квалификации (при необходимости);
- критерии, по которым производится выбор участников, их количество и тип предполагаемых участников программы проверки квалификации;
- определяемые показатели (измеряемые величины или характеристики), включая информацию о том, что должны определить, измерить или испытать участники в рамках определенного тура проверки квалификации;
- описание диапазона значений, или характеристик, или и того, и другого, которые ожидаются для образцов для проверки квалификации;
- потенциальные основные источники ошибок, возникающих при выполнении проверки квалификации в определенной области;

- приемлемые меры предосторожности по предотвращению сговора между участниками или фальсификации результатов и процедуры по реагированию в случае подозрений в сговоре и фальсификации;
- описание информации, которая должна быть предоставлена участникам, и календарный план для различных этапов программы проверки квалификации;
- периодичность или дата передачи участникам образцов для проверки квалификации, последний срок предоставления участниками результатов и в случае необходимости дата выполнения участниками испытаний или измерений;
- любая информация о методах или процедурах, которая требуется участникам для подготовки испытуемого образца и выполнения испытаний или измерений;
- процедуры для испытаний или методы измерений, с помощью которых можно проверить стабильность образцов для проверки квалификации;
- подготовка любых стандартизованных форм отчетов для использования участниками;
- подробное описание используемого метода статистического анализа;
- происхождение, метрологическая прослеживаемость и неопределенность измерений приписанных значений;
- критерии для оценивания характеристик функционирования;
- описание данных, промежуточные отчеты или информация, которая должна быть направлена участникам;
- степень гласности результатов, полученных участниками, и заключений, основанных на итогах программы проверки квалификации;
- действия, которые должны быть предприняты в случае утери или повреждения образцов для проверки квалификации.

Во время подготовки к проведению МСИ составляются информирующие письма о проведении проверок квалификации ИЛ и рассылаются потенциальным участникам. В приложениях к данному письму приводится информация об МСИ, проводимых ФБУ «Томский ЦСМ», анкета участника МСИ и опросный лист. Письма заблаговременно рассылаются потенциальным участникам-лабораториям, выбор которых осуществляется на основе Реестра аккредитованных лабораторий России, который находится в свободном доступе на сайте Росаккредитации, в соответствии с областью деятельности ФБУ «Томский ЦСМ» и территориальной принадлежностью лабораторий.

Следующим этапом идет сбор заявок участников, заключение договоров, регистрация анкет участников МСИ, формирование списков с присвоением кодовых номеров участникам.

После того как заключили соглашения с лабораториями, которые будут принимать участие в процедуре МСИ, разрабатывается инструкция. Инструкция по проведению испытаний ОК по требованиям ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 [4] должна содержать:

- наименование и ОК;
- краткая характеристика ОК;
- назначение ОК (с указанием контролируемых показателей, а при необходимости – ориентировочных диапазонов содержаний, требований к используемым методикам испытаний);
- порядок подготовки материала ОК к проведению испытаний (при необходимости);
- порядок проведения испытаний;
- сроки проведения испытаний;
- число получаемых результатов испытаний;
- требования к протоколу результатов испытаний.

Разработанная инструкция для участника представлена в приложении

Б.

2.2 Описание ОК для МСИ

В качестве образца для контроля (ОК) был представлен дозатор пипеточный, номинальный объем которого составляет 20 мкл. Объект МСИ – дозатор пипеточный, устройство для автоматического дозирования и выдачи заданного количества объёма вещества в виде порций или постоянного расхода с установленной погрешностью. С помощью плавного нажатия операционной кнопки с минимальным усилием происходит забор материала и его выталкивание [7].

Нижняя часть дозатора оснащена так называемым «посадочным конусом», к которому герметично присоединяется наконечник.

Во время работы необходимо избегать перепада температур между прибором, наконечником и дозируемой жидкостью, во-избежание перепада температур, который может сказаться на точности дозирования.

Внешний вид прибора показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Дозатор пипеточный

Технические характеристики дозатора пипеточного представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики дозатора

Характеристика	Значение
Номинальный объем	20
Единица измерений	мкл
Пределы допускаемой систематической составляющей основной относительной погрешности	$\pm 2,0 \%$
Предел допускаемого среднеквадратического отклонения случайной составляющей относительной погрешности	3 %

В качестве приписанного значения ОК был выбран действительный объем дозирования. Дозатор пипеточный участвовал в программе МСИ и отправлялся каждому участнику последовательно. В ходе проведения МСИ должно соблюдаться свойство ОК, выражающееся в неизменности действительного значения объема во времени, при соблюдении условий хранения и применения.

2.3 Разработка методики калибровки образца для контроля

Действительное значение объема дозатора определяется при выполнении его калибровки. Измерения, выполняемые в процессе калибровки должны проводиться по методике калибровки. Методика калибровки разрабатывается в соответствии с нормативной документацией, в которой приводятся структура и содержание разделов методики калибровки.

Методика калибровки может содержать такие разделы как [8]:

- указания об области распространения (назначении) методики калибровки (указание группы (групп), типа (типов) средств измерений, для калибровки которых данная методика предназначена);
- сведения о метрологических характеристиках средств измерений, действительные значения которых подлежат определению в процессе калибровки;
- перечень средств калибровки и вспомогательного оборудования, необходимых для проведения калибровки, с указанием требований к их техническим и метрологическим характеристикам, включая требования к обеспечению прослеживаемости измерений;
- сведения об условиях окружающей среды и необходимом периоде стабилизации для оборудования;
- описание процедуры калибровки, которые могут включать: подготовку к процедуре калибровки, проверки, необходимые перед началом работы, проверки нормального функционирования и, при необходимости, процедуру регулировки оборудования перед каждым его использованием,

процедуру калибровки, обработку результатов измерений, описание оформления результатов калибровки, меры безопасности, которые должны соблюдаться при проведении калибровки, условия или требования, при нарушении которых калибровка не проводится или результаты ее не могут считаться достоверными, указание о неопределенности (в том числе целевой) или процедуру оценки неопределенности измерений при калибровке.

Структуры содержания методик калибровки носят рекомендательный характер, поэтому могут полностью не применяться. В связи с этим нами предложена следующая структура методики калибровки [8]:

- вводная часть;
- нормативные ссылки;
- технические требования;
- условия проведения калибровки;
- требования к квалификации калибровщиков;
- требования по обеспечению безопасности;
- подготовка к калибровке;
- проведение калибровки;
- оценка неопределённости измерений при калибровке;
- оформление результатов калибровки.

Разработанная методика калибровки представлена в приложении В.

При проведении калибровки используются средства калибровки, такие как весы лабораторные, термометр, термогигрометр, а также стеклянный стаканчик с крышкой и дистиллированная вода.

Калибровку дозатора и определение метрологических характеристик проводили при помощи весового метода. Для дозаторов с фиксированным объемом дозы определение выполняют при номинальном объеме, для дозаторов с переменным объемом доз – в точках диапазона дозирования по согласованию с заказчиком, для многоканальных дозаторов – для любых двух крайних каналов [7].

Процедура калибровки состоит из следующих процедур:

1 Устанавливают стеклянный стаканчик с крышкой, наполовину заполненный водой на стол рядом с весами.

2 Измеряют температуру воды в стаканчике термометром с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,1$ °С.

3 Устанавливают на дозаторах конкретное значение дозируемого объема, скорость дозирования.

4 Надевают наконечник на посадочный корпус дозатора, в т.ч. на каждый калибруемый канал для многоканальных дозаторов, и выполняют забор воды с целью формирования дозы данного объема, для чего нажимают на кнопку узла дозирования (до первого упора), опускают наконечник дозатора в стеклянный стакан с водой на глубину от 3 до 5 мм, и опустив кнопку, вынимают дозатор с наполненным наконечником из воды. При заборе воды ось дозатора не должна отклоняться от вертикального положения более чем на угол, равный 10 °.

5 Убедившись, что после выполнения первого цикла дозирования в течение 30 с не происходит истечение воды из наконечника, первую сформированную дозу сливают, нажав и удерживая кнопку узла дозирования. Для возврата в исходное положение кнопку узла дозирования отпускают.

6 Повторно выполняют забор воды дозатором для формирования следующей дозы, сливают сформированную дозу в стаканчик или бюкс массой не более 2 г, установленный на грузоприемной платформе весов.

7 Взвешивают сформированную дозу воды, и фиксируют показания весов.

Разработанная методика калибровки представлена в приложение В.

Одной из самых затруднительных задач при разработке методики калибровки является оценка вкладов в неопределенность результатов измерений

2.4 Анализ бюджета неопределённости измерений

Для оценки вкладов в неопределенность измерений были изучены физические явления процедуры взвешивания воды при выполнении калибровки дозаторов пипеточных и проведено множество экспериментальных исследований в течение четырех месяцев. При анализе процедуры калибровки с целью получения действительного объема дозатора пипеточного в данной работе были отмечены следующие моменты:

2.4.1 Результат измерений объема является косвенной величиной, получаемой на основании умножения массы и плотности воды.

2.4.2 Результат измерений массы является результатов взвешивания воды на весах, а значения плотность воды – справочной величиной.

2.4.3 Необходимо учитывать неопределенность справочных данных плотности дистиллированной воды. Поскольку неизвестны точный изотопный состав дистиллированной воды и содержание газа неопределенность плотности воды оценивается как $10 \cdot 10^{-6}$.

2.4.4 Ошибки при взвешивании вызваны погрешностью весов и разрешающей способностью.

2.4.5 Наличие случайных ошибок, связанных с повторяемостью измерений.

2.4.6 При большой разнице температуры воздуха и воды наблюдается ее испарение, вследствие чего результат взвешивания будет недостоверным. Поэтому важно выдержать дистиллированную воду в помещении, где проводится калибровка дозатора пипеточного. Опытным путем выявлено, что при выдерживании дистиллированной воды в помещении не менее двух часов, температура воды будет приближена к температуре окружающего воздуха. Отличие температуры воды от температуры воздуха должно учитываться при оценке неопределенности измерений. Также в бюджете неопределенности должна учитываться погрешность термометра, с помощью которого проводилось измерение температуры воды.

2.4.7 Температура воздуха и относительная влажность воздуха влияют на дозируемый объем в дозаторе. Условия температуры и влажности воздуха при калибровке дозаторов реализуются путем кондиционирования воздуха. Пониженная влажность воздуха приводит к уменьшению измеренного объема вследствие испарения воды. При выполнении экспериментальных исследований по определению действительного значения объема дозатора выявлено, что дрейф температуры воздуха во время калибровки не должен превышать 0,5 °С, и дрейф относительной влажности воздуха – 5 %. Погрешности средств измерений температуры и относительной влажности воздуха, а также дрейф температуры и относительной влажности воздуха во время калибровки вносят вклад в неопределенность измерений.

2.4.8 Поскольку прямое измерение температуры посуды и калибруемого дозатора измерить невозможно, температуры посуды и дозатора приравнивается к температуре окружающей среды. Влиянием температуры посуды для взвешивания и дозатора можно пренебречь.

2.4.9 В силу различных конструкций и разновидностей дозаторов невозможно определить общий для всех коэффициент объемного температурного расширения. Коэффициент объемного расширения дозатора складывается из коэффициента линейного расширения узлов, соединяющих упоры хода поршня, и коэффициента расширения поперечного сечения поршня. Свойства материалов, их сочетания, а также различные геометрические и конструктивные формы влияют на коэффициент объемного расширения. Однако эти влияния не поддаются математическому отображению, вследствие чего все производители не в состоянии их определить. Поэтому коэффициент объемного расширения учитывается в бюджете неопределенности в виде значения «ноль». Но тогда следует учесть температуру во время измерений.

2.4.10 Калибровка дозаторов на различных высотных отметках экспериментально показала существенное влияние высоты над уровнем моря на результаты измерений, поскольку дозируемый объем заметно уменьшается

на большой высоте из-за низкой плотности воздуха. Для обеспечения сравнимости результатов необходимо вносить поправку на высоту расположения. Для учета общих метеорологических колебаний давления воздуха в бюджете неопределенности должен быть вклад в размере $\pm 0,02$ кПа (треугольное распределение). В этом случае поправка от давления воздуха не вносится.

2.4.11 Надбавка на обращение с дозаторами при проведении процедур является минимальным значением, которое не может быть уменьшено. Она отображает воздействия на дозируемый объем, возникающие при обращении с дозаторами во время калибровки. Надбавка на обращение с дозаторами при проведении процедур калибровки включает в себя различные воздействия, наиболее существенными из которых являются:

- механические воздействия;
- влияние человеческого фактора;
- теплота руки человека;
- транспортировка.

Под механическим воздействием подразумеваются, в частности, следующие факторы:

- гистерезис отсчетного механизма у дозаторов переменного объема;
- повторяемость хода поршня.

Влияние человеческого фактора при калибровке дозаторов очень зависит от опыта и навыков исполнителя. В частности, влияют следующие человеческие факторы:

- время выжидания после всасывания;
- равномерность ритма дозирования;
- угол наклона дозатора при всасывании;
- сила нажима;
- глубина погружения.

Тепло от руки оператора обуславливает уменьшение объема (временный дрейф). Для снижения влияния данного фактора следует до минимума ограничить прямой контакт с калибруемым дозатором.

Влияние условий транспортировки на неопределенность измерений относится только к правильной упаковке и отправке дозатора, например, минимизации возникающих при перевозке колебаний температуры и механических сотрясений.

На основании проведенного анализа ниже приведены алгоритмы оценивания составляющих, которые вносят вклад в неопределённость измерений [9]:

1. Стандартную неопределенность по типу А, связанную с повторяемостью измерений объема определяют по формуле:

$$u_A = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где S – относительное значение СКО случайной составляющей погрешности, %;
 n – число измерений.

2. Вклад в неопределенность от весов

Составляющие неопределенности при взвешивании: погрешность весов, разрешающая способность весов, повторяемость значений.

Стандартную неопределенность по типу В от погрешности измерений весов определяют по формуле:

$$u_B(\delta_B) = \frac{\Delta_B}{M_{\text{ср}} \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (2)$$

где Δ_B – пределы допускаемой абсолютной погрешности весов при эксплуатации, мг;
 $M_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое значение массы дозы, мг.

Стандартную неопределенность по типу В от разрешающей способности (дискретности отсчета) весов определяют по формуле:

$$u_B(d_B) = \frac{d_B}{M_{\text{ср}} \cdot 2\sqrt{3}} \cdot 100, \quad (3)$$

где d_B – разрешающая способность (дискретность отсчета) весов, мг;

$M_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое значение массы дозы, мг.

3. Вклады в неопределенность от температуры и плотности воды

Стандартную неопределенность по типу В от погрешности измерений термометра, с помощью которого проводились измерения температуры воды определяют по формуле:

$$u_B(\delta_{\text{ТВ}}) = \frac{\Delta_{\text{ТВ}}}{T_B \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (4)$$

где $\Delta_{\text{ТВ}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности термометра, с помощью которого проводились измерений температуры воды, °С;

T_B – температура воды, °С.

Стандартную неопределенность по типу В плотности воды определяют по формуле:

$$u_B(\rho_B) = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{\rho_B \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (5)$$

где ρ_B – плотность воды, взятая для расчета объема дозы, мг/мкл.

4. Вклады в неопределенность от температуры и влажности воздуха

Стандартную неопределенность по типу В от дрейфа температуры воды от температуры воздуха определяют по формуле:

$$u_B(\varepsilon_{\text{ТВ}}) = \frac{\varepsilon_{\text{ТВ}}}{T_B \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (6)$$

где $\varepsilon_{\text{ТВ}}$ – отклонение температуры воды от температуры воздуха (должно быть не более 0,5 °С), °С;

T_B – температура воды, °С.

Стандартную неопределенность по типу В от погрешности средства измерений температуры воздуха определяют по формуле:

$$u_B(\delta_T) = \frac{\Delta_T}{T \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (7)$$

где Δ_T – пределы допускаемой абсолютной погрешности средства измерений температуры воздуха, °С;

T – температура воздуха при калибровке, °С.

Стандартную неопределенность по типу В от погрешности средства измерений относительной влажности воздуха определяют по формуле:

$$u_B(\delta_\varphi) = \frac{\Delta_\varphi}{\varphi \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (8)$$

где Δ_φ – пределы допускаемой абсолютной погрешности средства измерений относительной влажности воздуха, %;
 φ – относительная влажность воздуха при калибровке, %.

Стандартную неопределенность по типу В от дрейфа температуры воздуха определяют по формуле:

$$u_B(\varepsilon_T) = \frac{\varepsilon_T}{T \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (9)$$

где ε_T – дрейф температуры воздуха во время калибровки (должен быть не более 2 °С), °С;
 T – температура воздуха при калибровке, °С.

Стандартную неопределенность по типу В от дрейфа относительной влажности воздуха определяют по формуле:

$$u_B(\varepsilon_\varphi) = \frac{\varepsilon_\varphi}{\varphi \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (10)$$

где ε_φ – дрейф относительной влажности воздуха во время калибровки (должен быть не более 5 %), %;
 φ – относительная влажность воздуха при калибровке, %.

5. Вклад в неопределенность от давления воздуха

Стандартную неопределенность по типу В от колебаний давления воздуха определяют по формуле:

$$u_B(\varepsilon_P) = \frac{\varepsilon_P}{P \cdot \sqrt{6}} \cdot 100, \quad (11)$$

где ε_P – метеорологические колебания давления воздуха, принятые равными $\pm 0,02$ кПа;
 P – атмосферное давление во время калибровки, кПа.

6. Надбавка на обращение при проведении процедур

При проведении экспериментальных исследований было определено, что надбавку на обращение с дозаторами следует учитывать в бюджете неопределенности в размере 0,07 % от номинального объема у одноканальных дозаторов фиксированного объема и 0,1 % от номинального объема у одноканальных дозаторов переменного объема и многоканальных дозаторов.

7. Суммарную стандартную неопределенность измерений определяют по формуле:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2(\delta_B) + u_B^2(d_B) + u_B^2(\delta_{TB}) + u_B^2(\varepsilon_{TB}) + u_B^2(\rho_B) + u_B^2(\delta_T) + u_B^2(\delta_\varphi) + u_B^2(\varepsilon_T) + u_B^2(\varepsilon_\varphi) + u_B^2(\varepsilon_P) + u_B^2(\Delta_{обр})} \quad (12)$$

8. Коэффициент охвата принимается равным $k=2$ соответствующего уровню доверия равному 0,95 % при допущении нормального распределения.

Относительную расширенную неопределенность определяют по формуле:

$$U_o = k \cdot u_c. \quad (13)$$

Абсолютную расширенную неопределенность определяют по формуле:

$$U = \frac{U_o \cdot V_{cp}}{100}. \quad (14)$$

В итоге бюджет неопределенности измерений можно представить в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Бюджет неопределённости измерений (НП)

Входные величины	Обозначение входной величины	Единица величины	Оценка входной величины	Распределение вероятности	Стандартная НП $u(x_i)$, %
Вклад от весов					
Среднее арифметическое значение массы дозы	M_{cp}	мг			—
СКО случайной составляющей погрешности	S	%		нормальное	
Погрешность весов	Δ_B	мг		прямоугольное	
Разрешающая способность (дискретность отсчета) весов	d_B	мг		прямоугольное	
Вклад от температуры и плотности воды					
Температура воды	T_g	°C			—
Погрешность	Δ_{TB}	°C		прямоугольное	

Таблица 3 – Бюджет неопределённости измерений (НП)

Входные величины	Обозначение входной величины	Единица величины	Оценка входной величины	Распределение вероятности	Стандартная НП $u(x_i)$, %
термометра					
Отклонение температуры воды от температуры воздуха	$\varepsilon_{ТВ}$	°С		прямоугольное	
Плотность воды	$\rho_{В}$	мг/мкл			—
Неопределенность плотности воды		мг/мкл	$10 \cdot 10^{-6}$	прямоугольное	
Вклад от температуры воздуха					
Температура воздуха	T	°С			—
Погрешность СИ температуры воздуха	$\Delta_{В}$	°С		прямоугольное	
Дрейф температуры воздуха во время калибровки	$\varepsilon_{В}$	°С		прямоугольное	
Вклад от влажности воздуха					
Относительная влажность воздуха	φ	%			—
Погрешность СИ влажности воздуха	Δ_{φ}	%		прямоугольное	
Дрейф влажности воздуха во время калибровки	ε_{φ}	%		прямоугольное	
Вклад от давления воздуха					
Атмосферное давление	P	кПа			—
Колебания давления воздуха	ε_P	кПа		треугольное	
Вклад от надбавки на обращение с дозаторами					
Надбавка на обращение в рамках процедур	$\Delta_{обр}$	%		прямоугольное	
Выходная величина	Единица	Оценка	Стандартн	Коэффициент	Расшире

Таблица 3 – Бюджет неопределённости измерений (НП)

Входные величины	Обозначение входной величины	Единица величины	Оценка входной величины	Распределение вероятности	Стандартная НП $u(x_i)$, %
	величины	выходной величины	ая НП, u_c , %	охвата при $P=0,95, k$	нная НП
Действительное значение объема, V_{cp}	мкл				$U_o =$ %
					$U =$ мкл

2.5 Оценка приписанных значений ОК и проверка их стабильности

Приписанное значение ОК – значение величины, характеризующей состав или свойства ОК, принятое при проверке квалификации в качестве референтного и приведенное в документе на ОК с указанием неопределенности [5].

В данной работе результатом измерений являются действительные значения объема дозы, полученные при помощи дозатора.

Референтной лабораторией была назначена аккредитованная лаборатория: отдел геометрических и механических средств измерений ФБУ «Томский ЦСМ» (аттестат аккредитации RA.RU. 311225).

Для определения приписанных значений ОК использовались эталоны и средства измерений, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Эталоны и средства измерения, использованные для определения приписанных значений

Наименование, зав. номер	Технические и метрологические характеристики	Сведения о поверке
Весы лабораторные электронные МВ 210-А, зав. № 24625019	Диапазон измерений от 1 мг до 210 г, пределы допускаемой погрешности измерений в диапазоне от 1 мг до 50 г $\pm 0,1$ мг, дискретность отчета 0,01 мг	Св-во о поверке № 27761/202 от 02.05.2019 г.
Термометр лабораторный электронный ЛТ-300, зав. № 305365	Диапазон измерений от минус 50 до плюс 300 °С, пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 0,05$ °С	Св-во о поверке № 20329/203 от 19.03.2019 г.

Таблица 4 – Эталоны и средства измерения, использованные для определения приписанных значений

Наименование, зав. номер	Технические и метрологические характеристики	Сведения о поверке
Термогигрометр ИВА-6А-Д, зав. № 9С40	Диапазон измерений влажности от 0 до 98 % Пределы допускаемой погрешности измерений ± 2 %	Св-во о поверке № 50014/203 от 18.02.2019 г.
	Диапазон измерений температуры от минус 20 до 60 °С Пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 0,3$ °С	
	Диапазон измерений давления от 700 до 1100 гПа Пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 2,5$ гПа	
Стаканчик стеклянный с крышкой		
Вода дистиллированная		

В связи с тем, что в процессе проведения МСИ участником была проведена юстировка дозатора, влияющая на приписанные значения, определение приписанных значений ОК проводилось дважды: до отправки участникам и после получения от последнего участника. Полученные приписанные значения и соответствующие им расширенные неопределенности приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Приписанные значения ОК

Номер	Действительное значение объема, мкл	Расширенная неопределенность (k=2), мкл
1	22,76	1,12
2	19,81	1,08

Оценивание стабильности ОК выполнено в условиях воспроизводимости. Для этого экспериментальные исследования по проверке стабильности ОК выполнены в разное время, разными исполнителями. Исследования проведены согласно методике калибровки «Дозаторы пипеточные одноканальные и многоканальные. Методика калибровки», в соответствующих методике калибровки условиях окружающей среды.

Критерий проверки стабильности определяют по формуле:

$$|X_{np} - \bar{X}| \leq 0,3\sigma \quad (15)$$

где X_{np} – приписанное значение действительного значения объема дозы, мкл;

\bar{X} – среднее арифметическое значение действительного значения объема дозы, полученное при проверке стабильности в условиях воспроизводимости, мкл;

σ – предел допускаемого среднеквадратического отклонения случайной составляющей погрешности, мкл.

Результаты исследований ОК в условиях воспроизводимости приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Обобщенные результаты исследований ОК в условиях воспроизводимости

Приписанное значение, мкл	Действительные значения объема дозы, полученные в условиях воспроизводимости, мкл	Среднее арифметическое значение в условиях воспроизводимости, \bar{X} , мкл
22,76	22,76	22,69
	22,74	
	22,57	
19,81	19,81	19,86
	19,72	
	20,04	

Результаты проверки стабильности приведены в таблице 7. Статистически значимого изменения за период исследования стабильности не обнаружено.

Таблица 7 – Результаты проверки стабильности

Номинальный объем, мкл	Приписанное значение, X_{np} , мкл	Среднее арифметическое значение (в условиях воспроизводимости), \bar{X} , мкл	$ X_{np} - \bar{X} $	σ , мкл	$0,3\sigma$	Проверка условия $ X_{np} - \bar{X} \leq 0,3\sigma$
20	22,76	22,69	0,07	0,6	0,18	Вып.
	19,81	19,86	0,05			Вып.

2.6 Выводы и постановка исследования

В данной главе были рассмотрены требования к организации МСИ СИ и приведены обоснования выбора образца для контроля, характеристики дозатора пипеточного, алгоритмы и результаты оценки приписанных характеристик ОК и проверки их стабильности, проведен анализ вкладов в неопределенность измерений объема при проведении калибровки ОК.

Следующим этапом данной работы являлась статистическая обработка данных лабораторий и анализ результатов их деятельности.

3 Реализация МСИ

3.1 Анализ этапов проведения МСИ

Последовательность этапов проведения МСИ представлена на рисунке

4.



Рисунок 4 – Последовательность этапов проведения МСИ

Анализ, обработку данных МСИ и оценку характеристик качества проводит координатор МСИ в соответствии с программой проведения МСИ [4].

Специалисты ИЛ проводят измерения в соответствии с инструкцией на измерения, оформляют и высылают координатору протоколы результатов измерений по установленной форме

Протокол результатов измерений должен содержать:

- наименование и адрес участника;
- номер и срок действия аттестата аккредитации ИЛ (если ИЛ аккредитована);

- телефон, факс, e-mail (адрес электронной почты);
- наименование и шифр ОК;
- определяемые показатели;
- наименование методики измерений/калибровки/поверки;
- результаты измерений;
- даты проведения измерений;
- условия окружающей среды;
- подписи руководителя ИЛ и исполнителей.

При необходимости в протоколе отражают другие сведения (по указанию провайдера).

После получения от ИЛ протокола результатов измерений были присвоены каждой ИЛ кодовый номер. После получения результатов испытаний от всех участников МСИ в рамках данной работы была проведена их обработка. Результаты измерений и показатели качества измерений соотносятся только с кодом ИЛ, но не с ее наименованием. Коды ИЛ и все индивидуальные данные об ИЛ, в том числе и ее рабочие характеристики, должны быть известны лишь минимальному числу специалистов координатора МСИ. При направлении итогового отчета ИЛ сообщается ее код.

Обработку экспериментальных данных, полученных при проведении раунда МСИ, проводит координатор программы проведения МСИ.

Протоколы с результатами измерений, представленные участниками МСИ, анализируют на предмет:

- наличия ссылок на НД с указанием конкретных разделов, если необходимо, в соответствии с которыми проводились испытания/измерения;
- правильности предоставления результатов измерений (результаты измерений в условиях повторяемости, погрешность/неопределенность результата измерений, число значащих цифр в соответствии с НД и т.п.);
- указания способа расчета погрешности/неопределенности, если необходимо;

- указания условий измерений, если необходимо.

3.2 Анализ результатов участников

В качестве статистического показателя для оценки результатов участников выбран E_n -индекс в соответствии с 9.7 ГОСТ Р ИСО 50779.60-2017 «Статистические методы. Применение при проверке квалификации посредством межлабораторных испытаний» [5]. Для каждого предоставленного участниками результата измерений вычислено значение E_n -индекса по формуле:

$$E_n = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{U^2(x_i) + U^2(x_{pt})}}, \quad (16)$$

- где x_i – результат измерений, полученный в лаборатории участника МСИ;
- x_{pt} – приписанное значение, определенное в экспертной лаборатории;
- $U(x_i)$ – расширенная неопределенность результата участника МСИ x_i ;
- $U(x_{pt})$ – расширенная неопределенность приписанного значения x_{pt} .

Значения $E_n \geq 1,0$ или $E_n \leq -1,0$ указывают на необходимость анализа оценок неопределенности или на необходимость коррекции выполнения измерений.

Если $-1,0 < E_n < 1,0$, то это указывает на удовлетворительную характеристику функционирования, выполнение корректирующих действий не требуется.

Результаты участников и значения E_n приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты участников МСИ

Кодовый номер участника	Используемая методика	Приписанные значения		Результаты измерений участника		E_n	Результат
		Действительное значение, мкл	Неопределенность измерений, мкл	Действительное значение, мкл	Неопределенность измерений, мкл		
МСИ-	Методи	22,76	1,12	22,85	0,24	0,08	Удовл.

Таблица 8 – Результаты участников МСИ

Кодовый номер	Используемая	Приписанные значения		Результаты измерений участника		E_n	Результат
03-дозатор/ 2019-01	ка проведения калибровки дозаторов в лаборатории участника						
МСИ-03-дозатор/ 2019-02	Методика проведения МСИ ¹⁾	22,76	1,12	23,04	2,25	0,11	Удовл.
МСИ-03-дозатор/ 2019-03	Методика проведения МСИ ¹⁾	22,76	1,12	23,28	1,4852	0,28	Удовл.
МСИ-03-дозатор/ 2019-04	Методика проведения МСИ ¹⁾	22,76	1,12	23,172	0,5	0,34	Удовл.
МСИ-03-дозатор/ 2019-05	п. 4.2 ГОСТ 28311 ²⁾ , методика проведения МСИ ¹⁾	22,76	1,12	22,84	1,0897	0,05	Удовл.
МСИ-03-дозатор/ 2019-06	МК 070-4301-007-2013 ³⁾ , методика	22,76	1,12	22,8691	1,7102	0,05	Удовл.

Таблица 8 – Результаты участников МСИ

Кодовый номер	Используемая	Приписанные значения		Результаты измерений участника		E _n	Результат
	проведения МСИ ¹⁾						
МСИ-03-дозатор/ 2019-07	МК-5.3-0004 ⁴⁾ , методика проведения МСИ ¹⁾	19,81	1,08	19,902	1,587	0,05	Удовл.

Примечание:

- ¹⁾ Методика проведения МСИ дозатора пипеточного 20 мкл (приложение Б инструкции для участника МСИ);
- ²⁾ ГОСТ 28311-89 «Дозаторы медицинские лабораторные. Общие технические требования и методы испытаний»;
- ³⁾ «Дозаторы медицинские лабораторные. Методика калибровки» МК 070-4301-007-2016 от 02.12.2016;
- ⁴⁾ МК-5.3-0004 «Дозаторы автоматические и механические одноканальные и многоканальные, поршневые. Методика калибровки»

Обобщенные результаты МСИ представлены в свободной таблице 9.

Таблица 9 – Обобщенные результаты МСИ

Информация о полученных результатах испытаний		Приписанные значения ОК 22,76 мкл и 19,81 мкл
Результат испытаний	Максимальный	23,28
	Минимальный	19,902
Число результатов измерений, полученных от участников МСИ	Всего	7
	Удовлетворительных	7
	Неудовлетворительных	0
	Процент удовлетворительных результатов	100

Для визуального представления результаты смещения результатов измерений участников от приписанных значений с учетом неопределённостей

измерений представлены на рисунке 5. Как видно из рисунка 5 результаты измерений только первого, четвертого и пятого участника находятся в границах неопределенности измерений приписанного значения.

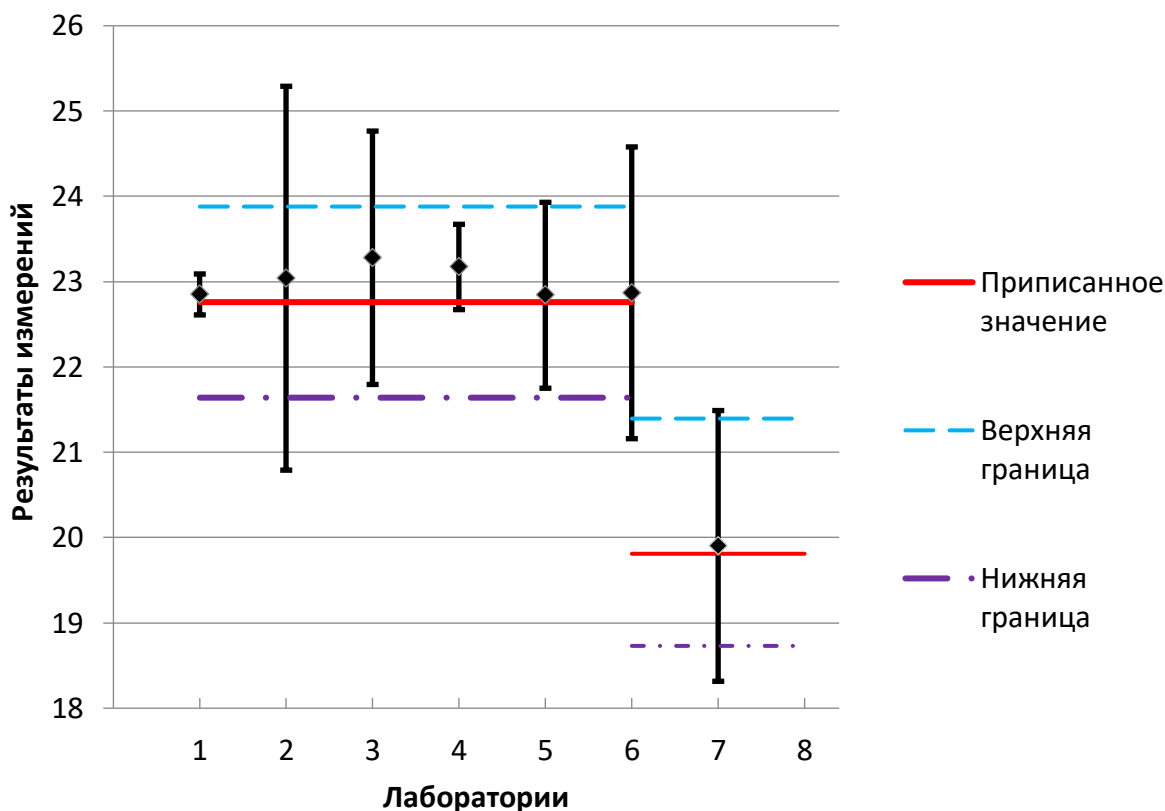


Рисунок 5 – Результаты смещения результатов измерений участников от приписанных значений с учетом неопределённостей измерений

Протоколы каждого участника были проанализированы на наличие ошибок и несоответствий. По результатам анализа были выявлены следующие ошибки участников:

1. В протоколе участника под кодовым номером МСИ-03-дозатор/2019-01 были выявлены следующие несоответствия:

- Несоответствие атмосферного давления, указанного в разделе «Условия проведения испытаний» и в бюджете неопределенности измерений.
- Вклад в неопределенность, связанный с испарением воды при взвешивании, указан в размере 0,05 мг/мин, однако не указан вид распределения вероятности, не понятно каким образом получено значение стандартной неопределенности от данного вклада, равное 0,14 %.

- Значение расширенной неопределенности, указанное в бюджете неопределенности, не соответствует значению, указанному в таблице 1.

2. В протоколе участника под кодовым номером МСИ-03-дозатор/2019-03 были выявлены следующие несоответствия:

- Выполнены многократные измерения действительного объема дозатора, однако не проведена оценка вклада в неопределенность по типу А.

- Неправильно приведены единицы измерений массы дозы воды. Результаты измерений массы представлены в протоколе в формате 0,024 мг, при этом диапазон измерений весов, сведения о которых приведены в протоколе измерений, составляет от 1 мг до 220 г. Таким образом, весы измерить не могут приведенные значения массы дозы.

- В соответствии с описанием типа на весы, сведения о которых представлены в протоколе, дискретность отсчета составляет 0,01 мг, а пределы допускаемой погрешности измерений в эксплуатации составляют ± 1 мг. Однако в бюджете неопределенности протокола измерений указаны иные сведения: дискретность весов – 0,001 мг, погрешность весов – $\pm 0,0004985225$ мг.

- Несоответствие температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, указанных в разделе «Условия проведения испытаний» и в бюджете неопределенности измерений.

- В бюджете неопределенности неверно приведена погрешность термометра, с помощью которого была измерена температуры воды, сведения о котором указаны в разделе «Средства измерений, применяемые при измерениях».

- Выдано заключение о пригодности к применению дозатора, что не ставилось задачей проведения программы МСИ.

3. В протоколе участника под кодовым номером МСИ-03-дозатор/2019-04 были выявлены следующие несоответствия:

- Неправильно вычислено среднее квадратическое отклонение (СКО) случайной составляющей погрешности.

– Несоответствие температуры воздуха, указанной в разделе «Условия проведения испытаний» и в бюджете неопределенности измерений.

Представленные результаты в протоколах измерений вызывали сомнения, вследствие чего результаты оценки квалификации участников были бы недостоверными. При указании участникам на наличие вышеперечисленных ошибок протокол измерений был пересмотрен и оформлен в соответствии с рекомендуемой формой, приведенной в инструкции для участника МСИ.

Проведенная проверка квалификации показала, что все участники получили удовлетворительные результаты. Однако проведенный анализ протоколов испытаний участников показал пренебрежительное отношение к оформлению протоколов, отсутствие понимания оценки вкладов в неопределённость измерений, и задач реализации МСИ в области ОЕИ. Вследствие этого оценка квалификации лабораторий по установленным критериям (например, E_n) не дает полноценную оценку о качестве работы участника.

Реализованная программа МСИ дозатора пипеточного позволяют каждому участнику:

- оценить согласованность полученных результатов с результатами остальных участников;
- оценить свои измерительные возможности путем сравнения результатов с приписанными значениями;
- продемонстрировать метрологическую прослеживаемость результатов измерений.

Участникам, у которых были выявлены несоответствия в протоколах измерений, было рекомендовано разработать предупреждающие действия в части правильности оформления протоколов измерений / поверки / калибровки, оценки неопределенности измерений.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Магистерская диссертация включает в себя обзор проведения процедуры МСИ и выполнение всего алгоритма на имеющихся СИ, а также обработку полученных данных. Следовательно, исследования, проведенные в рамках написания магистерской диссертации, не несут в себе особых денежных затрат.

Целями раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» являются комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы.

Для достижения данных целей необходимо выполнить следующие задачи:

- 1 описание структуры работ в рамках научного исследования; определение трудоемкости выполнения работ; разработка графика проведения научного исследования; расчет бюджета научно-технического исследования;
- 2 определение интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности и сравнительной эффективности проекта.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того, чтобы определить потенциальных потребителей научной разработки необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Есть большая вероятность, что данной работой заинтересуются небольшие организации и лаборатории, поэтому в качестве критериев сегментирования будем рассматривать варианты способов проверки компетентности лабораторий (кроме МСИ), а также сам размер лаборатории. Сегментирование рынка представлено на рисунке 5.



Рисунок 5 – Карта сегментирования

По итогам сегментирования определены основные сегменты данного рынка. Межлабораторные сличения показателей объема, реализуемые в рамках данной магистерской диссертации, необходимо внедрить в мелкие компании и организации, поскольку в крупных и средних компаниях данные МСИ уже реализуются.

4.2 Организация и планирование ОКР (НИР) работ

Для планирования процесса и выполнения научного исследования была создана рабочая группа, в которую вошли научный руководитель (НР) и инженер (И), выполняющий написание магистерской диссертации.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

В данном подразделе был создан перечень работ и отдельных этапов в рамках проведения исследования, а также приведены исполнители по каждому виду работ. Данный перечень представлен в таблице 10.

Таблица 10 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя, загрузка (занятость)
Постановка задачи	1	Подбор и изучение материалов по теме, определение целей, преследуемых разработчиками	НР – 100 %
Разработка технического задания - ТЗ	2	Составление и утверждение технического задания	НР – 100 %, И – 10 %
Теоретические исследования	3	Выбор направления исследования	НР – 100 % И – 20 %
	4	Календарное планирование по теме	НР – 100 %, И – 20 %
	5	Подбор и изучение теоретического материала по выбранному направлению	И – 100 %
Экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	И – 100 %
	7	Проведение эксперимента	И – 100 %
	8	Сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями	И – 100 %
	9	Оценка полученных результатов	НР – 100%
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта	И-100 %
Примечание – НР- научный руководитель, И- инженер			

4.2.1 Определение продолжительности этапов работ

Для того чтобы рассмотреть процесс управления научным исследованием определим трудоемкость выполнения работ для каждого исполнителя. Эта задача является важной частью работы, т.к. трудовые затраты чаще всего являются основной частью стоимости проведенного исследования.

Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (17)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;
 t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;
 t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %. Продолжительность работ рассчитывается по формуле:

$$T_{pд} = t_{ож} \cdot K_{вн} \cdot K_d, \quad (18)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;
 $K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей ($K_{вн} = 1$);
 K_d – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_d = 1,2$).

4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобной и наглядной формой представления графика проведения работ является ленточный график в форме диаграммы Ганта [15].

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{\text{кд}} = T_{\text{рд}} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (19)$$

где $T_{\text{кд}}$ – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

$T_{\text{рд}}$ – продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22, \quad (20)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Полученные данные сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы						Длительность работы в рабочих днях, $T_{\text{рд}}$		Длительность работы в календарных днях, $T_{\text{кд}}$	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{\text{ож}}$, чел-дни					
	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И
Подбор и изучение материал по теме, определение целей, преследуемых разработчиком	1		4		2,2		2,64		3,22	
Составление и утверждение технического задания	3	3	6	6	4,2	4,2	5,04	0,504	6,149	0,615
Выбор направления	1	1	3	3	1,8	1,8	2,16	0,432	2,635	0,527

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы						Длительность работы в рабочих днях, Т _{рд}		Длительность работы в календарных днях, Т _{кд}	
	t _{min} , чел-дни		t _{max} , чел-дни		t _{ож} , чел-дни					
	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И
исследования										
Календарное планирование по теме	1	1	4	4	2,2	2,2	2,64	0,528	3,221	0,644
Подбор и изучение теоретического материала по выбранному направлению		2		4		2,8		3,36		4,099
Проведение теоретических расчетов и обоснований		4		8		5,6		6,72		8,198
Проведение эксперимента		1		30		12,6		15,12		18,446
Сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями		2		5		3,2		3,84		4,685
Оценка полученных результатов	3		7		4,6		5,52		6,734	
Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности		4		8		5,6		6,72		8,198

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы						Длительность работы в рабочих днях, $T_{рд}$		Длительность работы в календарных днях, $T_{кд}$	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни					
	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И
проекта										
Итого:					15	38	18	37,2	21,959	45,412

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

На основе полученной таблицы строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по месяцам и декадам. График работ приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Календарный план-график выполнения проекта

№	Содержание работы	Исполнитель	$T_{кд}$, кал.дн	Продолжительность выполнения работ											
				март			апрель			май			июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Подбор и изучение материал по теме, определение целей, преследуемых разработчиком	НР	3,22												

Таблица 12 – Календарный план-график выполнения проекта

№	Содержание работы	Исполнитель	Т _{кд} , кал.дн	Продолжительность выполнения работ											
				март			апрель			май			июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2	Составление и утверждение технического задания	НР	6,149												
		И	0,615												
3	Выбор направления исследования	НР	2,635												
		И	0,527												
4	Календарное планирование по теме	НР	3,221												
		И	0,644												
5	Подбор и изучение теоретического материала по выбранному направлению	И	4,099												
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	И	8,198												
7	Проведение эксперимента	И	18,446												

Таблица 12 – Календарный план-график выполнения проекта

№	Содержание работы	Исполнитель	Т _{кд} , кал.дн	Продолжительность выполнения работ											
				март			апрель			май			июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
8	Сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями	И	4,685												
9	Оценка полученных результатов	НР	6,734												
10	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта	И	8,198												

4.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Планируя бюджет научно-технического исследования, необходимо обеспечить достоверное и полное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. Для определения бюджета научно-технического исследования в рамках выполнения магистерской диссертации с учетом выбранного направления исследования и исполнителей работы используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты научно-технического исследования;

- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_{\text{т}}) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (21)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$k_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента ($k_{\text{т}}$), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах (15 – 25) % от стоимости материалов.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, приведены в таблице 13.

Таблица 13 - Материальные затраты

Наименование	Кол-во, шт.		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, (Зм), руб.	
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Заправка картриджа	1	1	500	900	500	800
Пачка бумаги формата А4	1	1	250	600	250	600
Итого					750	1400

Необходимо учитывать, что данное оборудование в дальнейшем будет использоваться в других проектах. В данном проекте использовалось исполнение 1.

4.3.2 Расчет заработной платы исполнителей научно-технического исследования

В рамках данного подраздела рассчитывается основная заработная плата для всех исполнителей, участвующих в проведении научно-технического исследования. Размер основной заработной платы устанавливается, исходя из численности исполнителей, трудоемкости и средней заработной платы за один рабочий день. Месячный оклад руководителя составляет 12 800 руб., инженера – 7 130 руб.

Среднедневная тарифная заработная плата (ЗП_{дн-т}) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн. т-б} = МО/24,92. \quad (22)$$

Соответственно дневной оклад руководителя равен 513,64 руб., а инженера – 286,12 руб.

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 14. При расчете учитывалось, что в году 299 рабочих дней и, следовательно, в месяце 24,917 рабочий день, а затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 11. Коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям $K_{пр} = 1,1$, районный коэффициент $K_{рк} = 1,3$, $K_{доп.ЗП} = 1,113$.

Таблица 14 – Затраты на основную заработную плату

Исполнители	Оклад, руб./ мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/пл, руб.
НР	12800	513,64	18	1,69	15624,93
И	7130	286,12	37,2	1,69	17987,79
Итого	33612,72				

Из таблицы 14 видно, что расходы на заработную плату научного руководителя и инженера составят 33612,72 руб.

4.3.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты по этой статье составляют отчисления по единому социальному налогу (ЕСН).

Отчисления от заработной платы определяются по формуле:

$$C_{\text{соцф}} = K_{\text{соцф}} \cdot C_{\text{осн}}, \quad (23)$$

где $K_{\text{соцф}}$ - коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы, он включает в себя:

- 1) отчисления в пенсионный фонд;
- 2) на социальное страхование;
- 3) на медицинское страхование,

и составляет 30% от затрат на заработную плату.

$$C_{\text{соцф}} = 0,30 \cdot 33612,72 = 10083,82 \text{ руб.}$$

4.3.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}}, \quad (24)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;
 $Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час, и составляет 6,59 руб./кВт·час (с НДС);
 $t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов. Для расчета время оборудования используется формула:

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (25)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно.

В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_C, \quad (26)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчет затрат на электроэнергию приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $\mathcal{E}_{\text{об}}$, руб.
Персональный компьютер	297,6	0,3	588,36
Струйный принтер	5	0,1	3,30
Итого:			591,66

Затраты на электроэнергию, для освещения помещения, где разрабатывается автоматизация, рассчитывают по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ос}} = P_{\text{об}} \cdot \mathcal{C}_3 \cdot t_{\text{ос}}, \quad (27)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ос}}$ – затраты на электроэнергию, для освещения, руб.;

$P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

\mathcal{C}_3 – тарифная цена за 1кВт·час, $\mathcal{C}_3 = 6,59$ руб.;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Мощность, потребляемая освещением, определяется по формуле:

$$P_{oc} = P_{уст. oc} \cdot K_c \cdot N_{св}, \quad (28)$$

- где P_{oc} – мощность, потребляемая освещением, кВт;
 $P_{уст. oc}$ – установленная мощность светильников, $P_{уст. oc} = 0,08$ кВт;
 K_c – коэффициент спроса, зависит от количества, загрузки, групп электроприемников, для внутреннего освещения, $K_c = 0,9$;
 $N_{св}$ – количество светильников, $N_{св} = 2$ шт.

$$P_{oc} = 0,08 \cdot 0,9 \cdot 2 = 0,14 \text{ кВт},$$

Время работы освещения t_{oc} определяется по формуле:

$$t_{oc} = t_{сут} \cdot T, \quad (29)$$

- где t_{oc} – время работы освещения, час;
 $t_{сут}$ – длительность работы освещения за смену, час;
 T – время, затраченное на проведение работ, $T = 37,2$ дней.

$$t_{oc} = 8 \cdot 37,2 = 297,6 \text{ час}.$$

Общие затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{об} + \mathcal{E}_{oc}, \quad (30)$$

- где \mathcal{E} – затраты на электроэнергию, руб.;
 $\mathcal{E}_{об}$ – затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием, руб.;
 \mathcal{E}_{oc} – затраты на электроэнергию, затраченную на освещение, руб.

$$\mathcal{E}_{oc} = 0,14 \cdot 6,59 \cdot 296,7 = 274,57 \text{ руб}.$$

$$\mathcal{E} = 591,66 + 274,57 = 866,23 \text{ руб}.$$

4.3.5 Расчет амортизационных расходов

В пункте амортизационные отчисления от используемого оборудования рассчитывается амортизация за время выполнения работы для оборудования, которое имеется в наличии.

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования ПК по формуле:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot C_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_d}, \quad (31)$$

- где H_A – годовая норма амортизации, $H_A = 0,4$;
 $C_{об}$ – цена оборудования, $C_{об} = 30000$ руб.;
 F_d – действительный годовой фонд рабочего времени, $F_d = 1992$

- часа;
- t_{pm} – время работы ВТ при создании программного продукта,
 $t_{pm} = 297,6$ часов;
- n – число задействованных ПК, $n=1$.
- $$C_{ам} = (0,4 * 30000 * 297,6) / 1992 = 1792,77 \text{ руб.}$$

4.3.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- командировочные расходы, в т.ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

При выполнении магистерской диссертации не было дополнительных расходов по данному пункту.

4.3.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов. Прочие расходы вычисляют по формуле:

$$C_{проч} = (C_{мат} + C_{з/п} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам} + C_{нп}) \cdot 0,1. \quad (32)$$

Для нашего примера это

$$C_{проч} = (750 + 33612,72 + 8487,14 + 866,23 + 1792,77 + 0) \cdot 0,1 = 4550,89 \text{ руб.}$$

4.3.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость магистерской диссертации [15]. Смета затрат на разработку проекта представлена в таблице 16

Таблица 16 - Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	750
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	33612,72
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	8487,14
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	866,23
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	1792,77
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	4550,89
Итого:		50059,75

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 50059,75$ руб.

4.3.9 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере от 5 до 20 % от полной себестоимости проекта. Она составляет 5005,975 руб. (10 %) от расходов на разработку проекта.

4.3.10 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(50059,75 + 5005,975) * 0,2 = 11013,15$ руб.

4.3.11 Цена разработки ОКР (НИР)

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$\text{ЦОКР}_{(\text{НИР})(\text{КР})} = 50059,75 + 5005,975 + 11013,15 = 66078,87 \text{ руб.}$$

4.4 Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, которая выражается в

соотношении обусловленного ею экономического результата и затрат на разработку проекта. В рассматриваемой ситуации оценивается экономическая эффективность инвестиций, то есть вложений денежных средств в проект с целью получения определенного экономического эффекта в будущем.

Цель проекта состоит в проведение межлабораторных сличительных испытаний, как способа подтверждения квалификации лабораторий.

Таким образом, оценка экономической эффективности данного проекта некорректна, так как на данном этапе исследования межлабораторных сличительных испытаний не определена сфера применения данного проекта, также не до конца определены средства измерения, которые должны использоваться для реализации проекта

5 Социальная ответственность

Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

В данном разделе указаны вредные факторы, оказывающие негативное влияние на организм человека, такие как электромагнитное излучение, неоптимальный микроклимат помещения, недостаточность освещения и воздействие шума.

Рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места и условия, в которых будет реализовываться разработка, полученная в ходе написания магистерской диссертации, а именно, обработка данных, полученных на рабочем месте, в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны труда и окружающей среды. Были указаны ЧС, которые могут произойти на рабочем месте и действия, которые необходимо выполнить в случае их возникновения.

Рабочим местом является кабинет, находящаяся в ФБУ «Томский ЦСМ» по адресу г. Томск, ул. Косарева 17а, рабочей место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером (ПК). Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении.

5.1 Правовые и организационные работы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами. Согласно трудовому кодексу РФ:

- продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю;
- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения.

Существуют также специализированные органы, осуществляющие государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральной службы по труду и занятости населения;
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и др.

5.1.2 Особенности законодательного регулирования проектных решений

В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, которая предусматривает:

- длительность рабочей смены не более 8 часов;

- установление двух регламентируемых перерывов (не менее 20 минут после 1-2 часов работы, не менее 30 минут после 2 часов работы);
- обеденный перерыв не менее 40 минут.

Обязательно предусмотрен предварительный медосмотр при приеме на работу и периодические медосмотры.

Каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности перед приемом на работу и в дальнейшем, должен быть пройден инструктаж по электробезопасности и охране труда.

Предприятие обеспечивает рабочий персонал всеми необходимыми средствами индивидуальной защиты. Таким образом, по итогу проделанной работы можно сделать вывод о том, что рабочее место метролога соответствует нормам, ГОСТам и СанПиН. По степени физической тяжести работа метролога относится к категории лёгких работ.

5.1.3 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

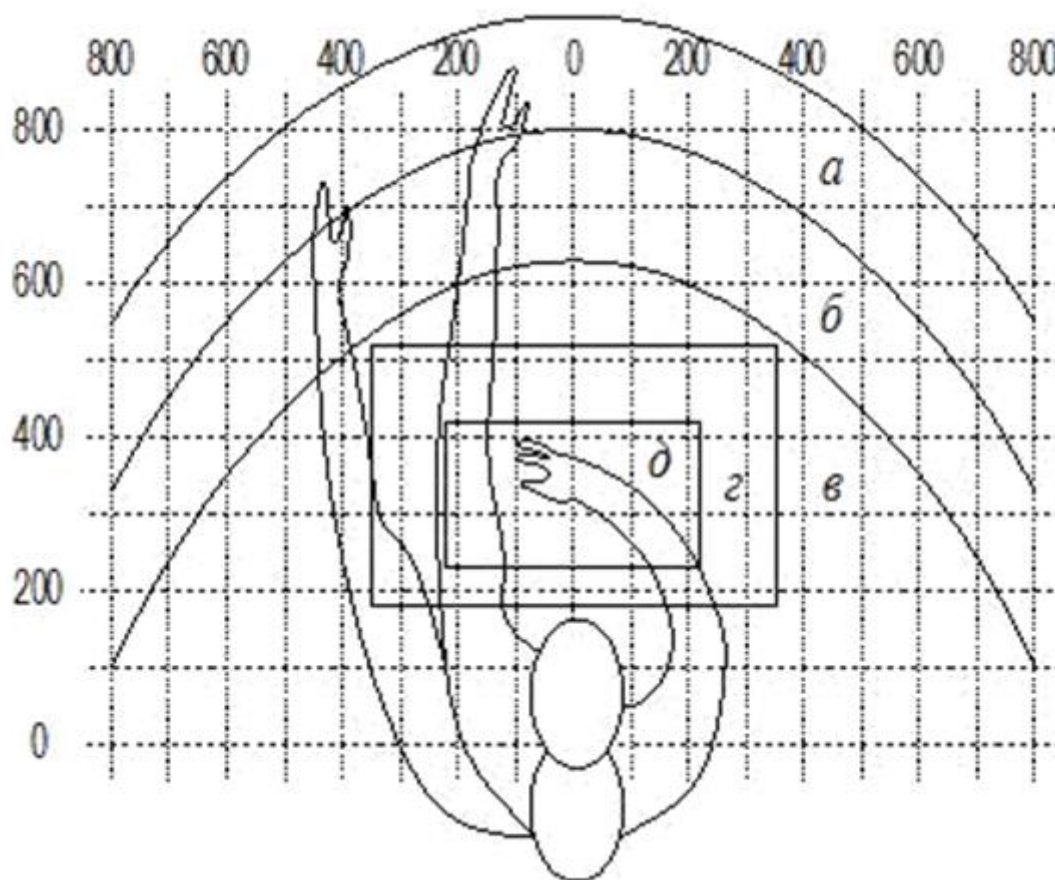
Рабочее место представляет собой помещение со столом с персональным компьютером. Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Для создания зрительного комфорта имеется возможность настройки четкости, контрастности и яркости на экране монитора. Высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680 – 760 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм [16].

Рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола должна быть в пределах 420 – 550 мм. Поверхность сиденья рекомендуется делать мягкой, передний край закругленным, а угол наклона спинки рабочего кресла – регулируемым.

В процессе работы, все используемые предметы должны находиться в зоне досягаемости [17]. Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости приведено на рисунке 6.



а – зона максимальной досягаемости; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы

Рисунок 6 – Оптимальное размещение предметов труда и документации зонах досягаемости

Часто бывает, что используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в

вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости, рисунки 7 и 8.

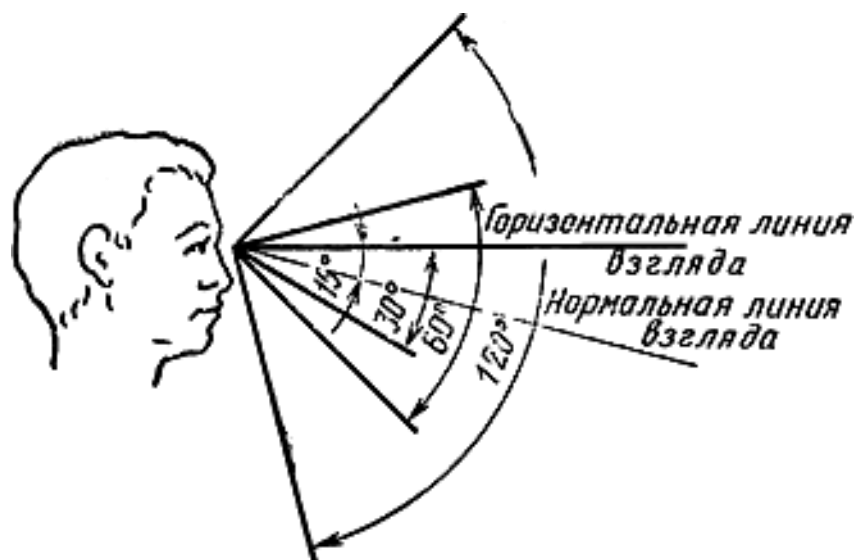


Рисунок 7 – Зоны зрительного наблюдения в вертикальной плоскости

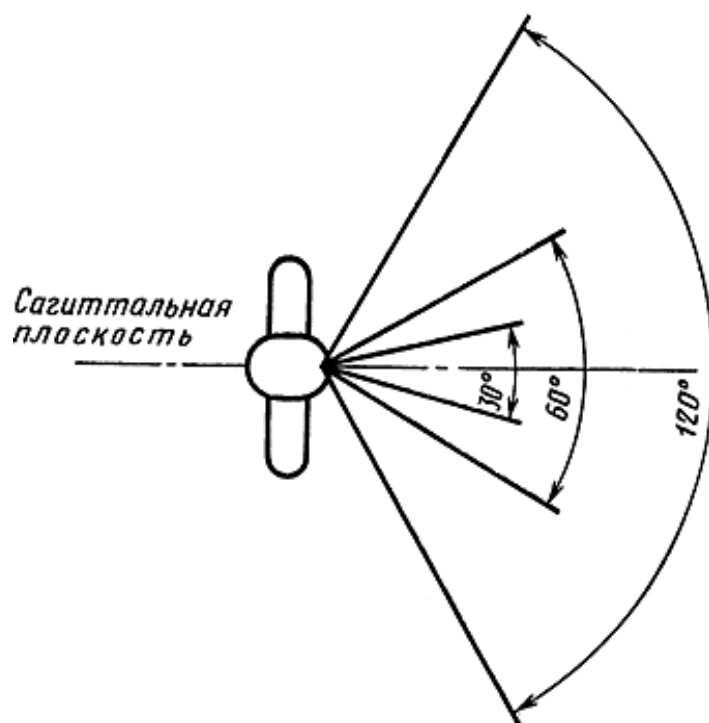


Рисунок 8 – Зоны зрительного наблюдения в горизонтальной плоскости

5.2 Производственная безопасность

При работе возникают различные вредные и опасные факторы, которые негативно воздействуют на организм человека [18]. Перечень факторов представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015 [19])	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовл -ение	Эксплуа тация	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) [20];
Длительное воздействие шума		+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [21];
Недостаток естественного освещения		+	+	Требования к естественному и искусственному освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 [22];
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	Требования к естественному и искусственному освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 [22]

5.2.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Микроклимат является важной характеристикой производственных помещений. В организме человека происходит непрерывное выделение тепла. Одновременно с процессами выделения тепла происходит непрерывная теплоотдача в окружающую среду.

Равновесие между выделением тепла и теплоотдачей регулируется процессами терморегуляции, т.е. способностью организма поддерживать постоянство теплообмена с сохранением постоянной температуры тела. Отдача тепла происходит различными видами: излучением, конвекцией, испарение влаги.

Нарушение теплового баланса в условиях высокой температуры может привести к перегреву тела, и как следствие к тепловым ударам с потерей сознания. В условиях низкой температуры воздуха возможно переохлаждение организма, могут возникнуть простудные болезни, радикулит, бронхит и другие заболевания.

Показателями, которые характеризуют микроклимат рабочей зоны, являются:

- температура воздуха, °С;
- относительная влажность воздуха, %;
- скорость движения воздуха, м/с.

Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона (холодный, тёплый), а также от категории физической тяжести работы. Для инженера-метролога она является лёгкой (1а), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок.

Оптимальные показатели микроклимата рабочей зоны, согласно СанПиН 2.2.4.548 [21], представлены в таблице 18, допустимые – в таблице 19.

Таблица 18 – Оптимальные показатели микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	23-25 °С	40-60 %	0,1 м/с
Холодный	22-24 °С	40-60 %	0,1 м/с

Таблица 19 – Допустимые показатели микроклимата

Период	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин, °С	Диапазон выше оптимальных величин, °С		Диапазон ниже оптимальных величин, м/с	Диапазон выше оптимальных величин, м/с
Теплый	21,0 – 22,9	24,1 – 25,0	15-75	0,1	0,2
Холодный	20,0 – 21,9	25,1 – 28,0	15-75	0,1	0,2

Низкая температура может быть причиной охлаждения и переохлаждения организма человека. При охлаждении организма в нем рефлекторно уменьшается теплоотдача и усиливается теплообразование за счет интенсивности окислительных обменных процессов. Компенсация теплотерии происходит до тех пор, пока запасы энергии не иссякнут. Мышечная дрожь – это попытка организма за счет микродвижений выработать дополнительное тепло и ускорить движение крови. Она может быть такой сильной, что приведет к повреждению мышц.

Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда. Это такие мероприятия, как:

- механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими;
- применение технологических процессов и оборудования, исключающих образование вредных веществ или попадания их в рабочую зону;
- установка систем вентиляции, кондиционирования, отопления.

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в помещении относятся правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и

механическим путём. В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления.

5.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Производственное освещение является неотъемлемым элементом условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда и качество выпускаемой продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

При неудовлетворительном освещении ощущается усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Головные боли также могут быть вызваны пульсацией освещения, что в основном является результатом использования электромагнитных пускорегулирующих аппаратов (ПРА) для газоразрядных ламп, работающих на частоте 50 Гц.

Для характеристики естественного освещения используется коэффициент естественной освещенности (КЕО). Величины КЕО для различных помещений лежат в пределах 0,1-12 %.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы; равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и отсутствие резких теней; величина освещения постоянна во времени (отсутствие пульсации светового потока); оптимальная направленность светового потока и оптимальный спектральный состав; все элементы осветительных установок должны быть долговечны, взрыво-, пожаро-, электробезопасны.

Работа с приборами относится к зрительным работам средней точности для помещений жилых и общественных зданий. Согласно СП 52.13330.2016 [22], такие помещения должны удовлетворять требованиям, указанным в таблице 20.

Таблица 20 – Требования к освещению помещений жилых и общественных зданий при зрительной работе средней точности

Характеристика зрительной работы	Наименьший эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение		Естественное освещение	
							КЕО еН, %, при	
					Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Коэффициент пульсации освещенности КП, %, не более	Верхним или комбинированном	Боковым
Высокой точности	Более 0,5	В	1	Не менее 70	150	20	2,0	0,5
			2	Менее 70	100	20	2,0	0,5

Расчет системы искусственного освещения проводится для прямоугольного помещения, где проводится основная работа по выполнению научно-технического исследования, размерами: длина А = 6 метров, ширина В = 4 метра, высота Н = 3 метра, длина светильника равна 1,5 метра.

Согласно отраслевым нормам освещенности высота рабочей поверхности составляет 0,8 метров и установлена минимальная норма освещенности Е = 400 Лк.

Световой поток Φ определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n * S * K_3 * Z}{N * \eta}, \quad (33)$$

где E_n – нормируемая минимальная освещенность по СП 52.13330.2016, лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника;

- Z – коэффициент неравномерности освещения;
 N – число ламп в помещении;
 η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ($\rho_{\text{ст}}$) и потолка ($\rho_{\text{п}}$).

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)}. \quad (34)$$

Произведем расчеты:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} = \frac{6 \cdot 4}{(3-0,8) \cdot (6+4)} = 1,1.$$

Экономичность осветительной установки выражается следующей формулой:

$$l = \frac{L}{h}, \quad (35)$$

где L – расстояние между рядами светильников, м.

Принимая $l = 1,4$ для люминесцентных светильников без защитной решетки типа ОД, ОДО, получим:

$$L = 1,4 \cdot 2,2 = 2,42 \text{ м.}$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$L/3 = 0,8 \text{ м.}$$

Количество рядов светильников определяются по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{(B - \frac{2}{3} \cdot L)}{L} + 1, \quad (36)$$

Таким образом количество рядов светильников равно 2.

Количество светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{св}} = \frac{(A - \frac{2}{3} \cdot L)}{l_{\text{св}} + 0,5}, \quad (37)$$

Количество светильников равно 2.

Общее количество светильников с люминесцентными лампами в

помещении определяется по формуле:

$$N = n_{\text{ряд}} * n_{\text{св}}, \quad (38)$$

Из формулы 38 следует, что количество светильников равно 4.

Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 8$

Так как стены и потолок являются побеленными, окна без штор, следовательно, коэффициент отражения поверхности стен $\rho_{\text{ст}} = 50\%$, а коэффициент отражения поверхности потолка $\rho_{\text{п}} = 70\%$ [23].

Коэффициент η имеет значения 0,46 [23].

Таким образом, подставив полученные значения в формулу, получаем значение светового потока:

$$\Phi = \frac{400 * 24 * 1,5 * 1,1}{8 * 0,46} = 4304 \text{ лм.}$$

Согласно расчетам, выбираем лампу ЛХБ - 65 со световым потоком 4400 лм.

Выразим E из формулы (33):

$$E_{\text{н}} = \frac{\Phi * N * \eta}{S * K_3 * Z} = \frac{4400 * 8 * 0,6}{24 * 1,5 * 1,1} = 408,89 \text{ лк.}$$

Результаты показывают, что минимальная освещенность находится в пределах нормы.

Делаем проверку выполнения условия:

$$0,9 \leq \frac{\Phi}{\Phi_{\text{к}}} \leq 1,2. \quad (39)$$

Получаем:

$$0,9 \leq 0,98 \leq 1,2.$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 8 * 65 = 520 \text{ Вт.}$$

В соответствии с размерами комнаты, план размещения светильников приведен на рисунке 9.

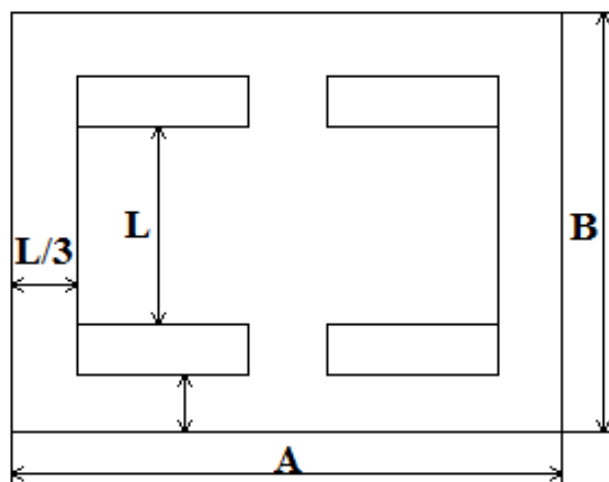


Рисунок 9 – План размещения светильников.

5.2.3 Требования к уровню шума

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты. В данном случае источниками шума могут быть персональный компьютер и шум с улицы.

Источниками шума, в основном, являются подвижные части печатающих устройств и дисководов, работающие кулеры, шум на улице. При выполнении основной работы на ПК уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ. Данные об уровне шума рабочей зоны не были предоставлены. Для снижения воздействия шума, исходящего снаружи, в рабочем помещении были установлены пластиковые окна. За счет нескольких слоев стекла, такие окна обладают хорошей звукоизоляцией. Например, окна с однокамерным стеклопакетом способны снизить уровень шума на 30–35 дБ, а окна с двухкамерным пакетом снижают шум на 40 дБ.

Для снижения уровня шума, производимого ПК рекомендуется регулярно проводить их техническое обслуживание: чистка от пыли, замена смазывающих веществ; также применяются звукопоглощающие материалы.

5.2.4 Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных, технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [24].

Измерительные приборы должны подключаться к сети питания, имеющей защитное заземление.

Соединять и разъединять вилки, розетки электрических соединений допускается только при выключенном сетевом выключателе.

Основными причинами поражения человека электрическим током могут быть следующие:

- непосредственное прикосновение к токоведущим частям, оказавшимся под напряжением;
- соприкосновение с конструктивными частями, оказавшимися под напряжением.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает тепловое (ожоги, нагрев сосудов), механическое (разрыв тканей, сосудов при судорожных сокращениях мышц), химическое (электролиз крови), биологическое (раздражение и возбуждение живой ткани) или комбинированное воздействие.

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются:

- недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения;
- защитное заземление, зануление или отключение;
- вывешивание предупреждающих надписей;
- контроль за состоянием изоляции электрических установок;
- использование дополнительных средств защиты.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации, а также технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность электроустановок различного назначения приведены в ГОСТ Р 12.1.019 [20].

5.3 Экологическая безопасность

В настоящее время, когда встает проблема рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды, уделяется большое внимание организации разумного воздействия на природу. Необходимо совершенствовать технологические процессы с целью сохранения окружающей среды от вредных выбросов.

В связи с тем, что основным средством работы являются средства измерения объема и электрические приборы, серьезной проблемой является электропотребление. Это влечет за собой общий рост объема потребляемой электроэнергии. Для удовлетворения потребности в электроэнергии, приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии.

В помещении не ведется никакого производства. К отходам, производимым в помещении, можно отнести сточные воды и бытовой мусор. Сточные воды здания относятся к бытовым сточным водам. За их очистку отвечает городской водоканал.

Основной вид мусора – это отходы печати, бытовой мусор (в т. ч. люминесцентные лампы), неисправное электрооборудование, коробки от техники, использованная бумага. Утилизация отходов печати вместе с бытовым мусором происходит в обычном порядке.

Утилизация средств измерений и электрических приборов осуществляется сотрудниками центра и предусматривает следующие этапы:

1. Правильное заполнение акта списания с указанием факта невозможности дальнейшей эксплуатации перечисленной в акте измерительной техники, о чем имеется акт технического осмотра;
2. Осуществление списания перечисленной в акте измерительной техники с баланса предприятия с указанием в бухгалтерском отчете, так как утилизация возможна для осуществления только после окончательного списания;
3. Непосредственно утилизация измерительной техники с полным демонтажем устройств на составляющие детали с последующей сортировкой по видам материалов и их дальнейшей передачей на перерабатывающие заводы.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайными ситуациями в подобных помещениях могут быть пожары. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004 [25] и ГОСТ 12.1.010 [26].

Все производства по пожарной опасности подразделяются на 5 категорий: А, Б, В, Г, Д. Лаборатория, в которой будет выполняться работа, относится к категории В.

Причинами пожара могут быть:

- токи короткого замыкания;
- электрические перегрузки;
- выделение тепла, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов;
- курение в неположенных местах.

Тушение горящего электрооборудования под напряжением должно осуществляться имеющимися огнетушителями ОУ-5. Чтобы предотвратить пожар в лаборатории, необходимо:

- содержать помещение в чистоте, убирать своевременно мусор. По окончании работы поводится влажная уборка всех помещений;
- работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании;
- на видном месте должен быть вывешен план эвакуации из помещения с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь;
- уходящий из помещения последним должен проверить выключены ли нагревательные приборы, электроприборы и т.д. и отключение силовой и осветительной электрической сети.

Также необходимо соблюдение организационных мероприятий:

- правильная эксплуатация приборов, установок;
- правильное содержание помещения;
- противопожарный инструктаж сотрудников аудитории;
- издание приказов по вопросам усиления ПБ;
- организация добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий;
- наличие наглядных пособий и т.п.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов, пожарников. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

5.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

Были рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места

и условий, в которых будут реализовываться межлабораторные сличительные испытания, в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны труда и окружающей среды.

Были проанализированы такие вредные производственные факторы, оказывающие негативное влияние на организм человека, как неоптимальный микроклимат помещения, недостаточность освещения рабочей зоны, недостаточность естественного освещения и высокий уровень шума.

Заключение

В практике деятельность лабораторий, занимающихся поверкой или калибровкой средств измерений, бывают случаи, когда результаты их работы подвергаются сомнениям или даже критике. Именно это становится причиной внимания к межлабораторным сличительным испытаниям. Наглядность результатов, полученных при сличениях, их объективность и возможность контроля влияния факторов, которые сложно определить при обычных аудитах органов по аккредитации, заставляют уделять этому способу контроля качества пристальное внимание.

Полученные результаты раундов МСИ свидетельствуют о целесообразности широкого участия в них различного рода организаций.

Проведение МСИ может быть востребовано для различных задач метрологических служб, таких как оценка результатов поверки и калибровки средств измерений, поддержание единого уровня точности в лабораториях корпораций, контроль результатов измерений наиболее ответственных параметров продукции, оценка применимости новых методик, средств измерений и технических средств. Регулярность проведения МСИ открывает возможности для непрерывного мониторинга качества метрологических работ, совершенствования порядка их проведения и внедрения удобных схем сличений с минимальными издержками.

В ходе проделанной работы была реализована процедура МСИ дозатора на базе ФБУ «Томский ЦСМ». Для этого:

- проведен комплексный анализ нормативной документации в области организации и проведения МСИ в области ОЕИ;
- реализована программа МСИ дозатора пипеточного для измерительных лабораторий;
- проведены исследования образца дозатора пипеточного, определены приписанные значения, стабильность приписанных значений и вклад в неопределенность результатов измерений действительного значения объема;

- разработана методика калибровки для дозаторов пипеточных;
- проведена обработка и анализ результатов участников МСИ;
- оформлены документы и отчеты по завершении программы МСИ.

Практическая успешная реализация программы МСИ дозатора пипеточного подтвердили обоснованность разработанных технических и нормативно-методических решений, обеспечивающих повышение качества работы метрологических служб, выполняющих поверку или калибровку средств измерений объема.

Список использованных источников

1. Галицкая Т.В., Слепцова Е.А., Хустенко Л.А., Чухланцева М.М. Организация межлабораторных сличительных испытаний за Уралом и не только // Контроль качества продукции. 2018. №9. С. 40 – 44.
2. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – М.: Стандартиформ, 2013.
3. Дерюшева, Т.В. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: учебное пособие / Т.В. Дерюшева. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. – 228 с.
4. ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации. – М.: Стандартиформ, 2013.
5. ГОСТ Р 50779.60 – 2017 (ИСО 13528:2015) Статистические методы. Применение при проверке квалификации посредством межлабораторных испытаний. Введ. 2018 – 12 – 01. М.: Стандартиформ, 2017. 83 с.
6. ГОСТ Р 8.690-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Использование программ проверки квалификации посредством межлабораторных сравнительных испытаний при аккредитации испытательных лабораторий. – М.: Стандартиформ, 2010. – 11 с.
7. ГОСТ 28311-89 Дозаторы медицинские лабораторные. Общие технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 1990.
8. ГОСТ Р 8.879-2014 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению». Введ. 2015 – 09 – 01. М.: Стандартиформ, 2015. 6 с.
9. ГОСТ 34100.3 – 2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Введ. 2018 – 09 – 01. М.: Стандартиформ, 2017. 105 с.
10. ГОСТ Р 8.692-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к компетентности провайдеров проверок

квалификации испытательных лабораторий посредством межлабораторных сравнительных испытаний. – М.: Стандартиформ, 2010. – 32 с.

11. РМГ 103-2010 ГСИ. Проверка квалификации испытательных (измерительных) лабораторий, осуществляющих испытания веществ, материалов и объектов окружающей среды (по составу и физико-химическим свойствам) посредством межлабораторных сравнительных испытаний – М.: Стандартиформ, 2011

12. Р 50.4.006-2002 Межлабораторные сравнительные испытания при аккредитации и инспекционном контроле испытательных лабораторий. Методика и порядок проведения – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002

13. Р 50.2.050-2005 ГСИ. Средства поверки одинакового уровня точности. Проверка качества поверочных и калибровочных работ посредством межлабораторных сличений. Алгоритмы обработки результатов измерений – СПб.: ФГУП "ВНИИМ им. Д.И.Менделеева", 2006

14. МИ 1832-88 Методические указания. ГСИ. Сличения групп средств поверки одинакового уровня точности. Основные правила – М.: Издательство стандартов, 1989

15. В.Ю. Конотопский. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» магистерских диссертаций. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета 2015. – 29 с.

16. Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. М.: Минздрав России, 2003. – 56 с.

17. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 11 с.

18. Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. М.: Минздрав России, 2003. – 39 с.

19. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Издво стандартов, 2015. – 23 с
20. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197- ФЗ. Официальный текст. - М.: Пропаганда: Омега- Л, 2002. - 176 с.: ил. - (Российская правовая библиотека)
21. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. М.: Минздрав России, 2003. – 12 с.
22. Свод правил: СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. М.: Минрегион России, 2011. – 74 с
23. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Бородин Ю.В., Василевский М.В., Дашковский А.Г., Назаренко О.Б., Свиридов Ю.Ф., Чулков Н.А., Федорчук Ю.М. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. — 101 с.
24. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 28 с.
25. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 67 с.
26. ГОСТ 12.1.010 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 12 с.

Приложение А
(справочное)

Analysis of general laboratory proficiency testing requirements

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Власова Мария Сергеевна		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ ШБИП	Пичугова Инна Леонидовна			

1 Analysis of general laboratory proficiency testing requirements

1.1 Interlaboratory comparisons as a way to control the quality of metrological work

As the International Organization of Legal Metrology notes, “metrology is the basis of the quality of manufactured goods and processes”. The key role in the development of scientific and technological progress, design and in the efficient production of products in accordance with the needs of consumers, as well as in finding and preventing inconsistencies, belongs to metrology. It fundamentally supports health care, it is a condition for ensuring safety and environmental protection, food production. In a global market, metrology also provides the basis for fair domestic and international trade.

The value of the measurement results will constantly increase due to the rapid development of technology and the emergence of the information society. Consumers and industry have to make daily decisions based on measurement results and affecting their economies.

The need for mutual recognition of measurement results within the framework of the international conformity assessment system led to the signing of a Memorandum of Understanding (October 28, 2007) between the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), the International Accreditation Forum (IAF) and the International Organization of Legal Metrology (OIML). The agreements reached constitute a unified and fundamental basis for a transparent and reliable measurement and testing infrastructure in achieving compliance of the object of conformity assessment (products, goods) with the prescribed specifications.

The suppliers of the measurement results are testing and calibration laboratories, the competence and impartiality of which is confirmed by accreditation.

One of the criteria for the competence of laboratories and confirmation of the reliability issued by laboratories of measurement results is the participation of

laboratories in proficiency testing programs through interlaboratory comparison tests.

Laboratory proficiency testing is an assessment of laboratory performance against pre-established criteria through interlaboratory comparison tests.

Interlaboratory comparison tests are the organization, implementation and evaluation of measurements or tests of the same or similar samples in two or more laboratories in accordance with specified conditions.

From the definition it becomes clear that interlaboratory comparisons and proficiency testing are not the same thing. Interlaboratory comparisons are just a means by which proficiency testing can be implemented.

In Russia the introduction of qualification tests of laboratories performing tests of substances and materials by composition and physico-chemical properties, under the leadership of the Federal Executive Authority (Gosstandart of Russia), began in 1998–1999.

Every year, laboratories of various fields participate in proficiency testing programs: FMCs, sanitary and epidemiological surveillance, veterinary, food industry, bread inspections, state centers of the agrochemical service, state agricultural supervision, customs, oil refineries, gas and oil producing companies that transport gas and oil companies, state universities and research institutes, sanitary-industrial, labor protection, metallurgical enterprises, clinical diagnostic, independent, etc.

Participation in interlaboratory comparisons, from a practical point of view, is a universal way to demonstrate the technical competence of the laboratory. Proficiency testing through interlaboratory comparison tests allows you to give an objective assessment of the reliability of the tests conducted by the laboratory, that is, the results of its activities. Confidence that a test or calibration laboratory is producing reliable results is overwhelming to those using the laboratory.

Interlaboratory comparison tests are used:

- To determine the performance of individual laboratories in relation to specific tests or measurements and to control the ongoing operation of the laboratories;
- To identify problems that occur in laboratories, and take corrective measures that may relate to the work of a separate group of specialists or calibration of instrumentation;
- To provide laboratory customers with additional confidence in its competence;
- To establish values for reference materials and assess their suitability for use in specific test or measurement procedures;
- To assess the characteristics of the errors of measuring instruments in those cases when standards are not created that ensure their verification with the required accuracy.

The entire procedure for the implementation of proficiency testing can be divided into two stages:

- 1) Conducting interlaboratory comparisons when samples of the test material or the test object (samples for proficiency testing) are distributed between the participants, the necessary tests / measurements are performed and the test / measurement protocols are filled out;
- 2) Converting the measurement results of participants into functioning statistics and an assessment based on the characteristics of the participants.

The performance characteristic is a kind of complex parameter that characterizes the ability of the laboratory to perform a particular measurement / test and obtain “quality” measurement results. The measurement result, which the laboratory receives when performing a certain procedure (measurement procedure) and presents in the protocols, can be considered as products “produced” by the laboratory, and this product, like any other, must be of high quality. We can talk about acceptable quality of the measurement result, if it meets the requirements for accuracy. However, the quality of the measurement result will depend not only on the used measuring equipment and skillful personnel, but also on the availability and

successful functioning of the laboratory management system. Therefore, evaluating the quality of the measurement result presented by the laboratory as part of the proficiency testing tour, we can give some comprehensive characteristics of the laboratory's functioning, covering all aspects of its work.

The performance profile may be satisfactory, doubtful and unsatisfactory. However, you should pay attention to the fact that it is a point one, that is, it only applies to a specific type of test / measurement (checked within the framework of the proficiency testing tour) and is limited by the time frame of the proficiency testing tour. The receipt by the laboratory of a satisfactory performance profile in a separate proficiency testing round does not mean that this assessment can be used to confirm that the laboratory receives reliable data under any other circumstances (when performing other types of tests / measurements and at another point in time).

The main technical means for conducting proficiency tests are control samples, which are a variety of reference materials.

The choice of material for the control sample, the quality of its preparation and the accuracy of the certification have a huge impact on the results obtained during the interlaboratory comparison tests. The work on the selection or development of a control sample intended for interlaboratory comparison tests is one of the most important functions of each provider.

As an example of control during interlaboratory comparison tests, standard samples or special samples for the interlaboratory comparison tests prepared by the verification provider can be used.

The coordinator should have the appropriate capabilities to ensure the proper acquisition, selection, processing and storage of all samples for control for the interlaboratory comparison tests.

In order to select or develop samples for control, the coordinator, taking into account the purpose and scheme of the interlaboratory comparison tests, draws up the technical requirements for samples for control, in which it sets:

- requirements for the samples for control source material and the quality of its preparation;

- requirements for metrological characteristics of samples for control;
- minimum shelf life of copies of samples for control;
- requirements for packaging, packaging and labeling;
- requirements for the number of samples for control copies required for one round of the interlaboratory comparison tests;
- requirements for supporting documentation for a copy of samples for control.

In the absence of the required standard samples, as well as if the use of standard samples is not economically feasible given its high cost, in conducting proficiency testing in some cases there is a need to create special samples for the interlaboratory comparison tests.

Samples for the interlaboratory comparison tests should be stable throughout the time of the interlaboratory comparison tests.

Responsibility for the quality of the samples for control used during the interlaboratory comparison tests is the coordinator of the interlaboratory comparison tests.

Conducting and organizing the interlaboratory comparison tests between laboratories requires certain knowledge of regulatory documentation, as it is carried out according to a certain algorithm and has various related procedures.

1.2 Requirements for proficiency testing of testing and measuring laboratories

The development of the interlaboratory comparison tests in foreign countries has led to the creation and dissemination of an appropriate regulatory framework. According to the current standards, the laboratory should have quality management procedures and control the accuracy of the tests and calibrations, including through participation in the interlaboratory comparison tests. Such a requirement to conduct MSI as one of the main ways to control the quality of test and calibration results is contained in the State Standard GOST ISO / IEC 17025-2009, which establishes the rules of competence of testing and calibration laboratories. In accordance with them,

the main factors affecting the correctness and reliability of the measurement results include:

- human factor;
- premises and environmental conditions;
- methods of measurement, testing and calibration and assessment of the suitability of methods;
- equipment;
- traceability of measurements;
- sampling;
- handling of objects of measurement, testing and calibration.

The influence of these factors on the measurement results can be assessed using interlaboratory comparison tests.

Requirements for conducting the interlaboratory comparison tests are contained in the accreditation criteria in the National Accreditation System, which are developed in accordance with the current legislation of the Russian Federation, and in the Rosaccreditation Policy for proficiency testing of calibration laboratories through the interlaboratory comparison tests. It would seem that this should be the main motive for the development of the interlaboratory comparison tests in our country and an additional advantage of the laboratory during the accreditation process. But in reality, the role of the interlaboratory comparison tests in applied problems of metrology is much broader than the confirmation of competence in accreditation. It is necessary to consider interlaboratory comparison tests as an accessible and objective way to control the results of a wide range of metrological work, which allows factors of influence which were not previously considered.

The experience of organizing and conducting proficiency testing of laboratories based on the interlaboratory comparison tests is reflected in the State Standards of GOST ISO / IEC 17043-2013. This document contains general requirements, both to the order of work and to the interlaboratory comparison tests provider (organizer), options for proficiency testing programs and methods for statistical analysis of comparisons. The basic rules of statistical analysis at the

interlaboratory comparison tests, the choice of the assigned values of control samples, the criteria for interpreting the measurement results of participants are regulated in the State Standard GOST R ISO 13528-2010, which has been replaced by GOST R 50779.60-2017 (ISO 13528: 2015) “Statistical methods. Use in proficiency testing through interlaboratory testing”. Accredited laboratories are required to regularly confirm technical competence by participating in interlaboratory comparative trials. In accordance with the State Standard GOST ISO / IEC 17025-20091, when planning quality control procedures, laboratories should provide for participation in proficiency testing programs, and the head of the laboratory should take into account the results obtained when analyzing the management system and core activities.

Proficiency testing, as a rule, is carried out by providers, i.e. organizations that take responsibility for the development and implementation of the corresponding program.

Laboratory proficiency testing is an important element in ensuring the quality of its work. With the growing requirements for independent evidence of competence on the part of regulatory authorities and consumers, laboratory proficiency testing is becoming a necessary tool for guaranteeing the quality and safety of monitoring objects in each country. Equally important is participation in the proficiency testing for the laboratory itself, which receives an independent assessment of the quality of analytical results, which makes it possible to monitor and improve its activities. The need for continuous trust in laboratory quality is important not only for laboratories and their customers, but also for other interested parties, such as inspection organizations, laboratory accreditation bodies and other organizations that establish laboratory requirements.

The resulting data should be recorded in such a way as to detect trends in their changes, and, where feasible, statistical methods should be used to analyze the results. A plan should be drawn up for this ongoing control (monitoring), its analysis should be carried out, and the following measures can be included in it, but not limited only to them:

- regular use of standard samples and (or) internal quality control using secondary reference substances;
- participation in interlaboratory comparisons or proficiency testing;
- repeated tests or calibrations using the same or different methods;
- re-testing or re-calibration of stored samples;
- correlation of results for different characteristics of the sample.

In early 2015, the Government of the Russian Federation set a task for Rosaccreditation – to join global international accreditation associations, one of which is the International Organization for Laboratory Accreditation (ILAC). ILAC members are accreditation bodies and their affiliates worldwide. ILAC develops methods and procedures for accrediting laboratories in order to facilitate trade, promotes the development of accreditation systems and the recognition of competent testing and calibration organizations worldwide. To achieve these goals, ILAC is actively collaborating with other international organizations.

One of the key documents is ILAC Guidelines P9: 06/2014 «ILAC Policy on Participation in Proficiency Testing Activities». Within the ILAC policy, the technical competence of the laboratory can be demonstrated by the successful participation of the laboratory in interlaboratory comparisons organized for purposes other than proficiency testing, including:

- to evaluate the characteristics of the test method;
- to characterize a standard sample;
- to compare the results of two or more laboratories on their own initiative;
- as evidence of the equivalence of measurements of national metrological institutes.

The relevance of interlaboratory comparisons is particularly increasing with the accreditation of the Federal Accreditation Agency to the Mutual Recognition Agreement of the Asia-Pacific Laboratory Accreditation Organization (APLAC MRA).

In addition, ILAC Guidelines P9: 06/2014 set out the requirements for national accreditation bodies regarding the use of proficiency testing measures in the accreditation process for laboratories and, where appropriate, inspection bodies. One of these requirements is the existence of our own policy on the use of proficiency testing results. In accordance with the requirements of the ILAC Guidelines in this Rosaccreditation policy, it will be necessary to determine:

- requirements containing the minimum level and frequency of participation in proficiency testing by accredited laboratories, including the need for a proficiency testing plan, which is approved and regularly reviewed by the laboratory or inspection body;
- procedure for taking into account the results of participation in proficiency testing when making decisions during accreditation and assessment of competence.

By adopting the Proficiency Testing Policy by conducting interlaboratory comparisons, Rosaccreditation promotes the participation of laboratories in proficiency testing programs implemented through interlaboratory comparisons. This policy applies to calibration laboratories when testing their qualifications.

According to this policy, participation in interlaboratory comparison tests of a calibration laboratory accredited in the national accreditation system is mandatory where such activities are available and applicable. The calibration laboratory must participate at least once a year in interlaboratory comparison tests. An accredited calibration laboratory must take part in interlaboratory comparison tests for all measurements, types (groups) of measuring instruments included in the field of accreditation within 5 years from the date of the decision on accreditation.

A calibration laboratory applying for accreditation must provide results of participation in interlaboratory comparison tests, if such programs are available and applicable in the declared area of accreditation. In the absence of interlaboratory comparison tests for specific types of measurements, the calibration laboratory may take part in programs extending to similar types of measurements or in programs in which participants use similar measuring instruments.

Upon receipt of unsatisfactory results, the calibration laboratory determines the reason for the unsuccessful participation in interlaboratory comparison tests and develops appropriate corrective actions. The effectiveness of corrective actions is confirmed by the repeated participation of the calibration laboratory in interlaboratory comparison tests as soon as possible.

The Rosaccreditation policy also establishes the basic requirements for the use of the results of proficiency testing by the accreditation body. The accreditation body takes into account that the successful participation of the calibration laboratory in a specific interlaboratory comparison test program may provide evidence of competency for a specific task, but may not reflect stable competence. Likewise, failure to participate in a particular program may reflect a random deviation from the standard level of competency.

Upon accreditation and confirmation of competency, the documents provided by the calibration laboratory on participation in the interlaboratory comparison tests programs are checked and the compliance of the selected programs with the declared or current area of accreditation is assessed, the implementation of the participation plan in the interlaboratory comparison tests on the terms and scope of the accreditation area is checked. In the latter case, the accreditation body takes into account: the applied test methods, the nomenclature and properties of the test objects, the frequency of use of specific test methods, etc.

In assessing the laboratory's participation results in interlaboratory comparison tests, the accreditation body is guided by the criteria established by the provider of the interlaboratory comparison testing, or uses standardized, attributed or evaluated accuracy indicators by the laboratory. If necessary, the accreditation body may contact the interlaboratory comparison test provider for clarification on the results of the laboratory's participation in the interlaboratory comparison tests.

If unsatisfactory results of participation in interlaboratory comparisons on accreditation are identified, in each specific case the adequacy of the corrective actions performed by the laboratory and the effectiveness of the interlaboratory control system are evaluated.

The demand for proficiency testing through interlaboratory comparison tests is determined both by the requirements of the legislation and regulatory documents, and the need of laboratories to obtain an objective assessment of the quality of the obtained test results (measurements), to use interlaboratory comparison tests as a tool to increase consumer confidence in test results.

1.3 Conclusions and statement of the research problem

In conclusion, laboratory proficiency testing is the only tool with which participants can obtain measurement results from external and independent evaluations. One of the criteria for the competence of laboratories and confirmation of the reliability issued by laboratories of measurement results is the participation of laboratories in proficiency testing programs through interlaboratory comparison tests. The document that regulates the general requirements, both to the work order and to the provider of interlaboratory comparison tests, options for proficiency testing programs and methods of statistical analysis of the results of comparisons is the State Standard GOST 17043. Proficiency testing through interlaboratory comparison tests allows you to give an objective assessment of the reliability of the tests conducted by the laboratory, that is, the results of its activities. Interlaboratory comparison tests in the field of ensuring the uniformity of measurements occupy a leading position in the modern market since demand for quality measurements will always be relevant.

Thus, this means of measuring volume, such as a dispenser, is used in many areas of human life and is not included in the field of accreditation, this project is a pilot project and is of interest for research, as it is in demand by society.

Приложение Б
(справочное)
Инструкция для участника МСИ

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по
техническому регулированию
ФБУ «Томский ЦСМ»

_____ Л.А. Хустенко
« ____ » _____ 2019 г.

Инструкция
для участника межлабораторных сличительных испытаний
образец для проведения МСИ - дозатор пипеточный 20 мкл
(межлабораторные сличительные испытания средств измерений объема)

1 Наименование и адрес провайдера

Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Томской области» (ФБУ «Томский ЦСМ»).
Адрес: Косарева ул., д.17а, г. Томск, Томская область, 634012.

2 Координатор программы МСИ

Галицкая Татьяна Викторовна, начальник отдела технического регулирования и метрологического обеспечения (ОТРМО).
Телефон: (3822) 58-60-06.
e-mail: ttv@tcsms.tomsk.ru.

3 Наименование образца для проведения МСИ (образца для контроля, ОК)

Дозатор пипеточный 20 мкл.
Шифр образца для контроля: МСИ-03- дозатор/2019.

4 Описание ОК

ОК представляет собой одноканальный дозатор с фиксированным объемом, предназначенный для измерений объема дозируемых жидкостей.
Номинальный объем – 20 мкл.

5 Измеряемые величины, определяемые показатели

5.1 Определяемым показателем при проведении МСИ является действительное значение объема дозы.

5.2 Измерения следует выполнять в соответствии с методикой калибровки дозаторов пипеточных, действующей на предприятии, или в соответствии с п. 4.2 ГОСТ 28311-89 «Дозаторы медицинские лабораторные. Общие технические требования и методы испытаний», или по методике, установленной в приложении А.

5.3 По результатам измерений устанавливаются действительные значения:

- объема дозы,
- относительного отклонения среднего арифметического значения фактического объема дозы от номинального (систематической составляющей погрешности),

- относительного среднего квадратического отклонения фактического объема дозы (случайной составляющей погрешности), а также оценивается неопределенность измерений.

6 Описание факторов и потенциальных источников ошибок, которые могут повлиять на результаты МСИ

6.1 Условия хранения ОК

Хранить ОК до операций измерений в процессе МСИ следует на стеллажах в отапливаемых хранилищах при температуре окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 35 °С, относительной влажности воздуха от 30 до 80 % и атмосферном давлении от 97,3 до 105,3 кПа.

6.2 Требования безопасности

При проведении измерений должны соблюдаться правила, определяемые:

- правилами безопасности труда, действующими на объекте, на котором проводятся измерения;
- правилами безопасности при эксплуатации дозатора и используемых средств калибровки, приведенных в эксплуатационной документации;
- правилами технической эксплуатации и правил техники безопасности при работе на электроустановках.

6.3 Условия проведения МСИ

Для уменьшения влияющих факторов при испытаниях ОК должны быть выполнены следующие условия:

6.3.1 Условия окружающей среды:

- температура окружающего воздуха, °С (20 ± 2) ;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 45 до 60;
- атмосферное давление, кПа $(101,3 \pm 4)$.

6.3.2 В помещении не должно быть воздушных и тепловых потоков, вибрации.

6.3.3 Изменения температуры окружающего воздуха при проведении процедур должны быть не более 2 °С, относительной влажности воздуха – не более 5 %.

6.3.4 До начала измерений ОК, посуда и дистиллированная вода должны быть выдержаны в помещении, где проводятся измерения, не менее 2 часов.

6.3.5 Температура дистиллированной воды не должна отличаться от температуры воздуха более чем на 0,2 °С.

6.3.6 Весы должны быть установлены таким образом, чтобы не было одностороннего нагрева или охлаждения. Весы должны быть установлены на виброзащитных фундаментах или кронштейнах, укрепленных в капитальных стенах, или на специализированных лабораторных столах. Весы должны быть установлены по уровню регулировкой установочных ножек.

6.3.7 Перед проведением измерений весы должны быть включены в сеть и выдержаны во включенном состоянии в течение времени, указанного в эксплуатационной документации на весы.

6.4 Квалификация исполнителей МСИ

К проведению измерений в процессе МСИ допускаются лица, изучившие настоящую инструкцию по применению ОК, прошедшие обучение по охране труда и имеющие опыт проведения поверки / калибровки дозаторов пипеточных.

6.5 Эталоны и средства измерений

Эталоны и средства измерений должны быть с метрологическими характеристиками, позволяющими определить действительное значение объема дозы ОК. Эталоны и средства измерений, применяемые для определения характеристик ОК, должны быть прослеживаемы к государственным первичным эталонам соответствующих единиц

величин, а при отсутствии соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин – к национальным первичным эталонам единиц величин иностранных государств.

7 Порядок проведения измерений

7.1 При проведении МСИ выполняется калибровка дозатора с целью определения действительного значения объема дозы ОК, которую проводят согласно методике калибровки, действующей на предприятии, или, в случае ее отсутствия, в соответствии с п. 4.2 ГОСТ 28311-89 «Дозаторы медицинские лабораторные. Общие технические требования и методы испытаний», или по методике, установленной в приложении А.

7.2 Результаты измерений и предварительной обработки заносят в протокол измерений, рекомендуемая форма которого приведена в приложении Б.

8 Сроки проведения измерений

После получения ОК участнику необходимо провести измерения и предоставить результаты измерений и материалы предварительной статистической обработки результатов измерений провайдеру (ФБУ «Томский ЦСМ») в течение 10 рабочих дней.

По завершении работ (после проведения измерений) следует тщательно упаковать ОК во избежание повреждения во время транспортировки и сообщить о готовности к отправке ОК на электронный адрес координатора ttv@tcsms.tomsk.ru или по телефону (3822) 58-60-06.

9 Конечная дата получения провайдером результатов измерений

Не позднее чем через 10 рабочих дней от даты получения ОК

10 Предоставление результатов измерений

10.1 Результаты измерений ОК должны быть представлены в виде протокола.

10.2 Протоколы измерений, получаемые от каждого участника МСИ, должны содержать:

- наименование и адрес участника;
- телефон, факс, e-mail;
- номер аттестата аккредитации (при наличии);
- наименование и шифр ОК;
- определяемые показатели;
- наименование используемой методики калибровки/испытаний;
- средства калибровки, применяемые при измерениях;
- результаты измерений с указанием действительных значений и неопределенности измерений;
- даты проведения измерений;
- условия проведения измерений;
- подписи исполнителей участника.

Рекомендуемая форма протокола приведена в приложении Б.

10.3 Оценку неопределенности измерений выполняют в соответствии с установленным алгоритмом на предприятии.

Рекомендуемый алгоритм оценки неопределенности измерений приведен в приложении В.

10.4 Результаты направлять по адресу: Косарева ул., д.17а, г. Томск, Томская область, 634012, факс: (3822) 56-19-61, e-mail: tomsk@tcsms.tomsk.ru; ttv@tcsms.tomsk.ru.

11 Порядок действий в случае получения поврежденного ОК

В случае получения, поврежденного ОК, необходимо сообщить об этом провайдеру в форме официального письма. Поврежденный экземпляр ОК не допускаются к использованию.

Координатор

М.С. Власова

Руководитель

Т.В. Галицкая

**Приложение В
(справочное)
Методика калибровки**

Федеральное бюджетное учреждение
«Государственный региональный центр стандартизации, метрологии
и испытаний в Томской области»
(ФБУ «Томский ЦСМ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по метрологии
ФБУ «Томский ЦСМ»

_____ Л.Н. Павлова

«_____» _____ 2019 г.

МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ

Дозаторы пипеточные одноканальные и многоканальные

МК 29-61-2019

Разработчики:

М.С. Власова

Т.В. Галицкая

Количество страниц: 130

г. Томск
2019 г.

Настоящая методика калибровки предназначена для проведения калибровки дозаторов пипеточных одноканальных и многоканальных с фиксированными и переменными объемами доз (далее - дозаторы).

Рекомендуемый интервал между калибровками – 1 год.

1 Нормативные ссылки

ГОСТ Р 53228-2008 Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания

ГОСТ Р 58144-2018 Вода дистиллированная. Технические условия

ГОСТ 6709-72 Вода дистиллированная. Технические условия

ГОСТ 25336-82 Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Типы, основные параметры и размеры

ГОСТ 28311-89 Дозаторы медицинские лабораторные. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ OIML R 76-1-2011 ГСИ. Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания

СТО 03-32-2014 Калибровка средств измерений. Порядок проведения работ при планировании, приеме, калибровке и выдаче средств измерений

2 Технические требования

2.1 Требования к определяемым метрологическим характеристикам

В процессе калибровки устанавливают действительные значения:

- объема дозы,
- относительного отклонения среднего арифметического значения фактического объема дозы от номинального (систематической составляющей погрешности),
- относительного среднего квадратического отклонения фактического объема дозы (случайной составляющей погрешности).

2.2 Требования к средствам калибровки (включая прослеживаемость)

2.2.1 При проведении калибровки используются средства калибровки, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Средства калибровки

Наименование	Технические и метрологические характеристики
Весы лабораторные	Класс точности специальный по ГОСТ Р 53228 или ГОСТ OIML R 76-1
Термометр	Диапазон измерений от 0 до 50 °С Пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 0,1$ °С
Термогигрометр ИВА-6А-Д	Диапазон измерений влажности от 0 до 98 % Пределы допускаемой погрешности измерений ± 2 %
	Диапазон измерений температуры от минус 20 до 60 °С Пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 0,3$ °С
	Диапазон измерений давления от 700 до 1100 гПа Пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 2,5$ гПа
Стаканчик стеклянный с крышкой по ГОСТ 25336	
Вода дистиллированная по ГОСТ 5709 или ГОСТ Р 58144	

2.2.2 Для контроля условий окружающей среды могут быть использованы любые другие средства измерений температуры, относительной влажности и атмосферного давления воздуха.

2.2.3 Эталоны и средства измерений, применяемые для калибровки дозаторов, должны иметь действующие свидетельства об аттестации (для эталонов), свидетельства о поверке или сертификаты калибровки (для средств измерений) и быть прослеживаемы к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при отсутствии соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин – к национальным первичным эталонам единиц величин иностранных государств.

3 Условия проведения калибровки

Для уменьшения влияющих факторов при калибровке дозаторов должны быть выполнены следующие условия:

3.1 Условия окружающей среды:

температура окружающего воздуха, °С (20 ± 2) ;

относительная влажность окружающего воздуха, %
атмосферное давление, кПа

от 45 до 60;
(101,3 ± 4).

3.2 В помещении не должно быть воздушных и тепловых потоков, вибрации.

3.3 Изменения температуры окружающего воздуха при проведении калибровки должны быть не более 2 °С, относительной влажности воздуха – не более 5 %.

3.4 До начала калибровки дозаторы, посуда и дистиллированная вода должны быть выдержаны в помещении, где проводится калибровка, не менее 2 часов.

3.5 Температура дистиллированной воды не должна отличаться от температуры воздуха более чем на 0,5 °С.

3.6 Весы должны быть установлены таким образом, чтобы не было одностороннего нагревания или охлаждения. Весы должны быть установлены на виброзащитных фундаментах или кронштейнах, укрепленных в капитальных стенах, или на специализированных лабораторных столах. Весы должны быть установлены по уровню регулировкой установочных ножек.

3.7 Перед проведением калибровки весы должны быть включены в сеть и выдержаны во включенном состоянии в течение времени, указанного в эксплуатационной документации на весы.

3.8. При проведении калибровки должны быть соблюдены требования, предусмотренные эксплуатационной документацией на дозаторы.

4 Требования к квалификации персонала

Калибровку должен проводить персонал, прошедший обучение по охране труда, изучивший методы и средства калибровки.

5 Требования безопасности

При проведении калибровки должны соблюдаться правила, определяемые: правилами безопасности труда, действующими на объекте, на котором проводится калибровка; правилами безопасности при эксплуатации калибруемого дозатора и используемых средств калибровки, приведенных в эксплуатационной документации; правилами технической эксплуатации и правил техники безопасности при работе на электроустановках.

6 Подготовка к калибровке

При подготовке к проведению калибровки выполняют следующие операции: подготавливают весы (проводят юстировку) согласно эксплуатационной документации; подготавливают дозаторы согласно эксплуатационной документации.

7 Проведение калибровки

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют отсутствие повреждений дозаторов и наличие всех частей, необходимых для нормального функционирования дозаторов.

7.2 Опробование

При опробовании проводят несколько пробных дозирования, проверяют плавность хода кнопки у механических дозаторов и отсутствие посторонних шумов в электроприводе дозаторов с электропитанием. Проводят проверку герметичности дозаторов наблюдением отсутствия самопроизвольного вытеснения набранной в дозатор дозы жидкости.

7.3 Определение действительных метрологических характеристик

Определение действительных значений дозаторов выполняют весовым методом. Для дозаторов с фиксированным объемом дозы определение выполняют при номинальном объеме, для дозаторов с переменным объемом доз – в точках диапазона дозирования по согласованию с заказчиком, для многоканальных дозаторов – для любых двух крайних каналов.

Устанавливают стеклянный стаканчик с крышкой, наполовину заполненный водой на стол рядом с весами.

Измеряют температуру воды в стаканчике термометром с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 0,1 °С.

Устанавливают на дозаторах конкретное значение дозируемого объема, скорость дозирования.

Надевают наконечник на посадочный корпус дозатора, в т.ч. на каждый калибруемый канал для многоканальных дозаторов, и выполняют забор воды с целью формирования дозы данного объема, для чего нажимают на кнопку узла дозирования (до первого упора), опускают наконечник дозатора в стеклянный стакан с водой на глубину от 3 до 5 мм, и опустив кнопку, вынимают дозатор с наполненным наконечником из воды. При заборе воды ось дозатора не должна отклоняться от вертикального положения более чем на угол, равный 10°.

Убедившись, что после выполнения первого цикла дозирования в течение 30 с не происходит истечение воды из наконечника, первую сформированную дозу сливают, нажав и удерживая кнопку узла дозирования. Для возврата в исходное положение кнопку узла дозирования отпускают. Повторно выполняют забор воды дозатором для формирования следующей дозы, сливают сформированную дозу в стаканчик или бюкс массой не более 2 г, установленный на грузоприемной платформе весов.

Взвешивают сформированную дозу воды, и фиксируют показания весов.

Операцию формирования дозы, определения ее массы повторяют не менее 10 раз.

8 Обработка результатов измерений

8.1 Используя результаты взвешивания дозы, определяют для каждого канала дозирования в каждой калибруемой точке диапазона дозирования среднее арифметическое значение объема дозы V_{cp} , мкл, по формуле

$$V_{cp} = \frac{\sum_1^n V_{ij}}{n} = \frac{\sum_1^n M_{ij}}{n \cdot \rho} \quad (1)$$

где V_{ij} – объем i -ой дозы в j -том значении выбранного объема дозирования, мкл;
 n – число измерений;
 M_{ij} – масса i -ой дозы воды, сформированная каналом дозатора в j -ой точке диапазона, мг;
 ρ – плотность дистиллированной воды, значение которой в зависимости от температуры воды приведено в приложении А (приложение 3 ГОСТ 28311), мг/мкл.

8.2 Используя полученное значение V_{cp} , определяют значение относительного отклонения среднего арифметического значения фактического объема дозы от номинального (систематической составляющей относительной погрешности дозатора) δ , %, для каждого калибруемого канала по формуле

$$\delta = \frac{V_{cp} - V_{ном}}{V_{ном}} \cdot 100 \quad (2)$$

где $V_{ном}$ – номинальное значение объема дозы, мкл.

8.3 Относительное среднее квадратическое отклонение (СКО) фактического объема дозы (случайной составляющей погрешности) рассчитывают по результатам определения объемов n последовательных доз воды, сформированных испытуемым образцом дозатора с помощью одного и того же наконечника, для чего используют результаты, полученные по формуле (1). Относительное значение СКО случайной составляющей погрешности рассчитывают по формуле

$$S = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_1^n (V_{ij} - V_{cp})^2}}{V_{cp}} \cdot 100 \quad (3)$$

9 Оценка неопределённости измерений при калибровке

9.1 Оценку неопределенности измерений проводят согласно приложению Б.

9.2 Полученное значение расширенной неопределенности, вносят в протоколы калибровки (приложение В).

10 Оформление результатов калибровки

10.1 Результаты калибровки оформляют протоколом калибровки по форме приложения В.

10.2 На калиброванные дозаторы оформляют сертификат о калибровке по форме, приведенной в СТО 03-32.

Значения плотности дистиллированной воды при температуре от 1 до 40 °С

Температура, °С	Плотность, мг/мкл	Температура, °С	Плотность, мг/мкл
1	0,999898	21	0,997992
2	0,999940	22	0,997770
3	0,999964	23	0,997538
4	0,999972	24	0,997296
5	0,999964	25	0,997045
6	0,999940	26	0,996783
7	0,999901	27	0,996513
8	0,999848	28	0,996233
9	0,999781	29	0,995945
10	0,999699	30	0,995647
11	0,999605	31	0,995341
12	0,999497	32	0,995026
13	0,999377	33	0,994703
14	0,999244	34	0,994371
15	0,999099	35	0,994032
16	0,998943	36	0,993684
17	0,998775	37	0,993328
18	0,998595	38	0,992965
19	0,998405	39	0,992594
20	0,998204	40	0,992215

Алгоритм оценки неопределенности измерений

А.1 Вклады в неопределенность измерений

А.1.1 Вклад в неопределенность от весов

Составляющие неопределенности при взвешивании: погрешность весов, разрешающая способность весов, повторяемость значений.

А.1.2 Вклады в неопределенность от температуры и плотности воды

При выдерживании дистиллированной воды в помещении, где проводится калибровка, не менее двух часов, температура воды будет приближена к температуре окружающего воздуха. Отличие температуры воды от температуры воздуха должно учитываться при оценке неопределенности измерений.

В бюджете неопределенности учитывается погрешность термометра, с помощью которого проводилось измерение температуры воды.

Неопределенность плотности воды оценивается как $10 \cdot 10^{-6}$, т.к. неизвестны точный изотопный состав и содержание газа.

А.1.3 Вклады в неопределенность от температуры и влажности воздуха

Температура воздуха и относительная влажность воздуха влияют на дозируемый объем в дозаторе.

Условия температуры и влажности воздуха при калибровке дозаторов реализуются путем кондиционирования воздуха в пределах параметров, установленных в разделе 3 настоящей методики. Пониженная влажность воздуха приводит к уменьшению измеренного объема вследствие испарения воды. Поэтому дрейф температуры воздуха во время калибровки не должен превышать $0,5^\circ\text{C}$, дрейф относительной влажности воздуха – 5 %.

Поскольку прямое измерение температуры посуды и калибруемого дозатора измерить невозможно, температуры посуды и дозатора приравнивается к температуре окружающей среды. Влиянием температуры посуды для взвешивания и дозатора можно пренебречь.

Погрешности средств измерений температуры и относительной влажности воздуха, а также дрейф температуры и относительной влажности воздуха во время калибровки вносят вклад в неопределенность измерений.

А.1.4 Тепловое расширение дозаторов

В силу различных конструкций и разновидностей дозаторов невозможно определить общий для всех коэффициент объемного расширения.

Коэффициент объемного расширения дозатора складывается из коэффициента линейного расширения узлов, соединяющих упоры хода поршня, и коэффициента расширения поперечного сечения поршня.

Свойства материалов, их сочетания, а также различные геометрические и конструктивные формы влияют на коэффициент объемного расширения. Однако эти влияния не поддаются математическому отображению, вследствие чего все производители не состояниии их определить. Поэтому коэффициент объемного расширения учитывается в бюджете неопределенности в виде значения «ноль». Но тогда следует учесть температуру во время измерений в соответствии с А.1.2, А.1.3.

А.1.5 Вклад в неопределенность от давления воздуха

Калибровка дозаторов на различных высотных отметках экспериментально показала существенное влияние высоты над уровнем моря на результаты измерений, поскольку дозируемый объем заметно уменьшается на большой высоте из-за низкой плотности воздуха.

Для обеспечения сравнимости результатов необходимо вносить поправку на высоту расположения. Для учета общих метеорологических колебаний давления воздуха в бюджете неопределенности должен быть вклад в размере $\pm 0,02$ кПа (треугольное распределение). В этом случае поправка от давления воздуха не вносится.

А.1.6 Надбавка на обращение при проведении процедур

Надбавка на обращение с дозаторами при проведении процедур является минимальным значением, которое не может быть уменьшено. Она отображает воздействия на дозируемый объем, возникающие при обращении с дозаторами во время калибровки, и учитывается в бюджете неопределенности в размере 0,07 % от номинального объема у одноканальных дозаторов фиксированного объема и 0,1 % от номинального объема у одноканальных дозаторов переменного объема и многоканальных дозаторов (значения стандартной неопределенности, полученные из опыта).

Надбавка на обращение с дозаторами при проведении процедур калибровки включает в себя различные воздействия, наиболее существенными из которых являются:
механические воздействия;
влияние человеческого фактора;
теплота руки человека;
транспортировка.

Под механическим воздействием подразумеваются, в частности, следующие факторы:
гистерезис отсчетного механизма у дозаторов переменного объема;
повторяемость хода поршня.

Влияние человеческого фактора при калибровке дозаторов очень зависит от опыта и навыков исполнителя. В частности, влияют следующие человеческие факторы:

время выжидания после всасывания;
равномерность ритма дозирования;
угол наклона дозатора при всасывании;
сила нажима;
глубина погружения.

Тепло от руки оператора обуславливает уменьшение объема (временный дрейф). Для снижения влияния данного фактора следует до минимума ограничить прямой контакт с калибруемым дозатором.

Влияние условий транспортировки на неопределенность измерений относится только к правильной упаковке и отправке дозатора, например, минимизации возникающих при перевозке колебаний температуры и механических сотрясений.

А.2 Суммарную стандартную неопределенность измерений определяют по формуле:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2(\delta_B) + u_B^2(d_B) + u_B^2(\delta_{ТВ}) + u_B^2(\varepsilon_{ТВ}) + u_B^2(\rho_B) + u_B^2(\delta_T) + u_B^2(\delta_\varphi) + u_B^2(\varepsilon_T) + u_B^2(\varepsilon_\varphi) + u_B^2(\varepsilon_P) + u_B^2(\Delta_{обр})}, \quad (A.1)$$

где u_A – стандартная неопределенность по типу А, связанная с повторяемостью измерений объема;
 $u_B(\delta_B)$ – стандартная неопределенность по типу В от погрешности измерений весов;
 $u_B(d_B)$ – стандартная неопределенность по типу В от разрешающей способности (дискретности отсчета) весов;
 $u_B(\delta_{ТВ})$ – стандартная неопределенность по типу В от погрешности измерений термометра, с помощью которого проводились измерения температуры воды;
 $u_B(\varepsilon_{ТВ})$ – стандартная неопределенность по типу В от дрейфа температуры воды от температуры воздуха;
 $u_B(\rho_B)$ – стандартная неопределенность по типу В плотности воды;
 $u_B(\delta_T)$ – стандартная неопределенность по типу В от погрешности средства измерений температуры воздуха;
 $u_B(\delta_\varphi)$ – стандартная неопределенность по типу В от погрешности средства измерений относительной влажности воздуха;
 $u_B(\varepsilon_T)$ – стандартная неопределенность по типу В от дрейфа температуры воздуха;
 $u_B(\varepsilon_\varphi)$ – стандартная неопределенность по типу В от дрейфа влажности воздуха;
 $u_B(\varepsilon_P)$ – стандартная неопределенность по типу В от колебаний давления воздуха;
 $u_B(\Delta_{обр})$ – стандартная неопределенность по типу В от надбавки на обращение с дозаторами.

А.3 Стандартную неопределенность по типу А определяют по формуле:

$$u_A = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (A.2)$$

где S – относительное значение СКО случайной составляющей погрешности, рассчитанное по формуле (3), %;
 n – число измерений.

А.4 Стандартную неопределенность по типу В от погрешности измерений весов определяют по формуле:

$$u_B(\delta_B) = \frac{\Delta_B}{M_{cp} \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (A.3)$$

где Δ_B – пределы допускаемой абсолютной погрешности весов при эксплуатации, мг;

$M_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое значение массы дозы, мг.

А.5 Стандартную неопределенность по типу В от разрешающей способности (дискретности отсчета) весов определяют по формуле:

$$u_B(d_B) = \frac{d_B}{M_{\text{ср}} \cdot 2\sqrt{3}} \cdot 100, \quad (\text{A.4})$$

где d_B – разрешающая способность (дискретность отсчета) весов, мг;

$M_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое значение массы дозы, мг.

А.6 Стандартную неопределенность по типу В от погрешности измерений термометра, с помощью которого проводились измерения температуры воды, определяют по формуле:

$$u_B(\delta_{\text{ТВ}}) = \frac{\Delta_{\text{ТВ}}}{T_B \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (\text{A.5})$$

где $\Delta_{\text{ТВ}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности термометра, с помощью которого проводились измерений температуры воды, °С;

T_B – температура воды, °С.

А.7 Стандартную неопределенность по типу В от дрейфа температуры воды от температуры воздуха определяют по формуле:

$$u_B(\varepsilon_{\text{ТВ}}) = \frac{\varepsilon_{\text{ТВ}}}{T_B \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (\text{A.6})$$

где $\varepsilon_{\text{ТВ}}$ – отклонение температуры воды от температуры воздуха (должно быть не более 0,5 °С), °С;

T_B – температура воды, °С.

А.8 Стандартную неопределенность по типу В плотности воды определяют по формуле:

$$u_B(\rho_B) = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{\rho_B \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (\text{A.7})$$

где ρ_B – плотность воды, взятое для расчета объема дозы, мг/мл.

А.9 Стандартную неопределенность по типу В от погрешности средства измерений температуры воздуха определяют по формуле:

$$u_B(\delta_T) = \frac{\Delta_T}{T \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (\text{A.8})$$

где Δ_T – пределы допускаемой абсолютной погрешности средства измерений температуры воздуха, °С;

T – температура воздуха при калибровке, °С.

А.10 Стандартную неопределенность по типу В от погрешности средства измерений относительной влажности воздуха определяют по формуле:

$$u_B(\delta_\varphi) = \frac{\Delta_\varphi}{\varphi \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (\text{A.9})$$

где Δ_φ – пределы допускаемой абсолютной погрешности средства измерений относительной влажности воздуха, %;

φ – относительная влажность воздуха при калибровке, %.

А.11 Стандартную неопределенность по типу В от дрейфа температуры воздуха определяют по формуле:

$$u_B(\varepsilon_T) = \frac{\varepsilon_T}{T \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (\text{A.10})$$

где ε_T – дрейф температуры воздуха во время калибровки (должен быть не более 2 °С), °С;

T – температура воздуха при калибровке, °С.

А.12 Стандартную неопределенность по типу В от дрейфа относительной влажности воздуха определяют по формуле:

$$u_B(\varepsilon_\varphi) = \frac{\varepsilon_\varphi}{\varphi \cdot \sqrt{3}} \cdot 100, \quad (\text{A.11})$$

где ε_φ – дрейф относительной влажности воздуха во время калибровки (должен быть не более 5 %), %;

φ – относительная влажность воздуха при калибровке, %.

А.13 Стандартную неопределенность по типу В от колебаний давления воздуха определяют по формуле:

$$u_B(\varepsilon_P) = \frac{\varepsilon_P}{P \cdot \sqrt{6}} \cdot 100, \quad (\text{А.12})$$

где ε_P – метеорологические колебания давления воздуха, принятые равными $\pm 0,02$ кПа;
 P – атмосферное давление во время калибровки, кПа.

А.14 Стандартная неопределенность по типу В от надбавки на обращение с дозаторами $u_B(\Delta_{обр})$ составляет 0,07 % для одноканальных дозаторов фиксированного объема и 0,1 % для одноканальных дозаторов переменного объема и многоканальных дозаторов.

А.15 Коэффициент охвата принимается равным $k=2$ соответствующего уровня доверия равному 0,95 % при допущении нормального распределения.

А.16 Относительную расширенную неопределенность определяют по формуле:

$$U_o = k \cdot u_c, \quad (\text{А.13})$$

А.17 Абсолютную расширенную неопределенность определяют по формуле:

$$U = \frac{U_o \cdot V_{ср}}{100}, \quad (\text{А.14})$$

А.18 Бюджет неопределённости измерений (НП)

Таблица А.1					
Входные величины	Обозначение входной величины	Единица величины	Оценка входной величины	Распределение вероятности	Стандартная НП $u(x_i)$, %
Вклад от весов Среднее арифметическое значение массы дозы СКО случайной составляющей погрешности Погрешность весов Разрешающая способность (дискретность отсчета) весов	$M_{ср}$	мг			—
	S	%		нормальное	
	Δ_B	мг		прямоугольное	
	d_B	мг		прямоугольное	
Вклад от температуры и плотности воды Температура воды Погрешность термометра Отклонение температуры воды от температуры воздуха Плотность воды Неопределенность плотности воды	T_e	°С			—
	$\Delta_{ТВ}$	°С		прямоугольное	
	$\varepsilon_{ТВ}$	°С		прямоугольное	
	ρ_B	мг/мкл мг/мкл	$10 \cdot 10^{-6}$	прямоугольное	—
Вклад от температуры воздуха Температура воздуха Погрешность СИ температуры воздуха Дрейф температуры воздуха во время калибровки	T	°С			—
	Δ_B	°С		прямоугольное	
	ε_B	°С		прямоугольное	
Вклад от влажности воздуха Относительная влажность воздуха	φ	%			—

Таблица А.1					
Входные величины	Обозначение входной величины	Единица величины	Оценка входной величины	Распределение вероятности	Стандартная НП $u(x_i)$, %
Погрешность СИ влажности воздуха	Δ_φ	%		прямоугольное	
Дрейф влажности воздуха во время калибровки	ε_φ	%		прямоугольное	
Вклад от давления воздуха					
Атмосферное давление	P	кПа			—
Колебания давления воздуха	ε_P	кПа		треугольное	
Вклад от надбавки на обращение с дозаторами					
Надбавка на обращение в рамках процедур	$\Delta_{\text{обр}}$	%		прямоугольное	
Выходная величина	Единица величины	Оценка выходной величины	Стандартная НП, u_c , %	Коэффициент охвата при $P=0,95$, k	Расширенная НП
Действительное значение объема, $V_{\text{ср}}$	мкл				$U_o =$ %
					$U =$ мкл